

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**“DETERMINACIÓN DE NIVELES DE CONSUMO Y PROPUESTA DE SECTORIZACIÓN
DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD
DE SUCÚA, CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”**

AUTOR: CARLOS XAVIER VÁSQUEZ YÁNEZ

DIRECTOR: ING FERNANDO CASTRO CARRERA

QUITO, 2018

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.	1
1.2. Justificativos.....	1
1.3. Objetivos.	2
1.3.3. Objetivo general.....	2
1.3.4. Objetivos específicos.	2
1.4. Metodología.	2
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	3
2.1. Información general del área de influencia.	3
2.1.1. Ubicación y límites.	3
2.1.2. Topografía.....	3
2.1.3. Geología.....	3
2.1.4. Clima.....	4
2.1.5. Características socioeconómicas.....	4
2.1.6. Uso del suelo.....	5
2.1.7. Población.....	5
2.1.8. Salud.	6
2.1.9. Educación.....	6
2.2. Descripción del sistema de agua potable.....	6
2.2.1. Captaciones.	8
2.2.2. Líneas de conducción.....	8
2.2.3. Plantas de tratamiento.	8
2.2.4. Reservas	17
2.2.5. Red de distribución.	18
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.	21
3.1. Consumos de agua.....	21
3.1.1. Categoría de usuarios.	21
3.1.2. Dotaciones.....	21
3.1.3. Medición de consumos.	23
3.1.4. Pérdidas de agua.	24
3.2. Redes de distribución de agua potable.	26
3.2.1. Concepción y diseño de redes.....	27
3.2.2. Sectorización de redes de distribución.....	32

3.2.3.	Criterios de diseño.	36
3.2.4.	Accesorios utilizados en red de distribución.	38
4.	INVESTIGACIÓN DE CONSUMOS.	43
4.1.	Medición de campo.	43
4.1.1.	Sitios de medición.	43
4.1.2.	Lecturas de campo.	43
4.2.	Análisis de consumos basados en registros municipales.	46
4.2.1.	Tipificación de medidores.	46
a)	Medidores instalados.	46
b)	Medidores suspendidos por falta de pago.	47
c)	Medidores sin consumo.	47
4.2.2.	Tipificación de usuarios.	48
a)	Usuarios domiciliarios activos.	48
b)	Usuarios no domiciliarios activos.	48
4.2.3.	Registro de consumos.	49
a)	Consumo doméstico.	49
b)	Consumo no doméstico.	50
c)	Consumo total.	50
4.3.	Estimación de consumos.	51
4.3.1.	Consumos basados en lecturas de campo.	51
4.3.2.	Consumos basados en registros municipales.	53
a)	Proyecciones demográficas.	53
b)	Población servida.	58
c)	Dotación neta total y doméstica.	60
4.3.3.	Composición del consumo.	65
4.3.4.	Consumos por usuario.	65
4.4.	Interpretación de resultados.	68
5.	SECTORIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.	70
5.1.	Levantamiento de información de la red existente.	70
5.2.	Criterios de diseño.	73
5.3.	Simulación hidráulica de la red existente.	73
5.3.1.	Componentes del sistema de abastecimiento.	74
a)	Nudos.	74
b)	Tuberías.	76
c)	Tanques.	76

c) Válvulas.....	77
5.3.2. Resultados obtenidos de la simulación hidráulica de la red existente.	77
5.4. Concepción general y alternativas de sectorización.....	81
5.4.1. Concepción general.....	81
5.5. Simulación hidráulica de la red sectorizada.	89
5.6. Selección de esquema de sectorización.....	96
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	100
6.1. Conclusiones.	100
6.2. Recomendaciones.....	101
BIBLIOGRAFÍA	102
Anexos	105

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Población total y cobertura del servicio de agua potable en cada año censal en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.	5
Tabla 2: Establecimientos educativos, estudiantes y profesores según el nivel de educación. 6	
Tabla 3: Dimensiones de tanques de almacenamiento (Planta de tratamiento N° 2).	17
Tabla 4: Dotación media futura según clima y población de la localidad.	22
Tabla 5: Caudal de incendios.....	27
Tabla 6: Caudal de incendios en función de hidrantes en uso simultáneo	37
Tabla 7: Información general de usuarios domiciliarios seleccionados para lecturas.	45
Tabla 8: Medidores instalados en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.	47
Tabla 9: Medidores suspendidos por falta de pago en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.	47
Tabla 10: Medidores sin consumo en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.	48
Tabla 11: Usuarios domiciliarios activos en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.	48
Tabla 12: Usuarios no domiciliarios en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.	49
Tabla 13: Consumo doméstico en Sucúa y Santa Marianita de Jesús (m ³).	49
Tabla 14: Consumo no doméstico en Sucúa y Santa Marianita de Jesús (m ³).	50
Tabla 15: Consumo total en Sucúa y Santa Marianita de Jesús (m ³).	50
Tabla 16: Consumo de agua potable según mediciones de consumo in situ.	52
Tabla 17: Tasas de crecimiento aritmético empleadas, habitantes /año.	54
Tabla 18: Tasas de crecimiento exponencial empleadas.	55
Tabla 19: Proyección demográfica de la población total del cantón Sucúa según INEC.....	55
Tabla 20: Tasas anuales de crecimiento obtenidas con la proyección de población del cantón Sucúa según el INEC (2010).	56
Tabla 21: Proyección de población total en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.	58
Tabla 22: Cobertura del Sistema de agua potable (%).	59
Tabla 23: Población servida por el sistema de agua potable obtenida a base de porcentajes de cobertura.	59
Tabla 24: Dotación neta total en Sucúa y Santa Marianita de Jesús a base de población servida.	60
Tabla 25: Dotación neta doméstica en Sucúa y Santa Marianita de Jesús a base de población servida.	61
Tabla 26: Población servida obtenida con el total de usuarios domiciliarios activos en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.	62

Tabla 27: Dotación neta total en Sucúa y Santa Marianita de Jesús a base del número de habitantes por vivienda.	63
Tabla 28: Dotación neta doméstica en Sucúa y Santa Marianita de Jesús a base del número de habitantes por vivienda.	64
Tabla 29: Composición porcentual del consumo en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.	66
Tabla 30: Consumo promedio en m ³ mensual por tipo de usuario.	67
Tabla 31: Resumen de tubería instalada en Sucúa y Santa Marianita de Jesús	70
Tabla 32: Resumen de accesorios instalados en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.....	71
Tabla 33: Volúmenes entregados a la red de distribución de Sucúa.	72
Tabla 34: Índice de agua no contabilizada (IANC)	72
Tabla 35: Caudal medio diario en el año 2017	75
Tabla 36: Caudal medio diario en el año 2040	75
Tabla 37: Información de tanques de almacenamiento.	76
Tabla 38: Resumen de presiones y velocidades, máximas y mínimas, obtenidas con la simulación hidráulica de la red existente para el año 2017.	78
Tabla 39: Resumen de la cantidad de nudos y tramos para diferentes condiciones de presión y velocidad obtenidas con la simulación hidráulica de la red existente para el año 2017.....	78
Tabla 40: Resumen de presiones y velocidades, máximas y mínimas, obtenidas con la simulación hidráulica de la red existente para el año 2040.	79
Tabla 41: Resumen de la cantidad de nudos y tramos para diferentes condiciones de presión y velocidad obtenidas con la simulación hidráulica de la red existente para el año 2040.....	80
Tabla 42: Características de los sectores formados con la alternativa 1.....	82
Tabla 43: Características de los sectores formados con la subalternativa 1.1	85
Tabla 44: Características de los sectores formados con la alternativa 2.....	85
Tabla 45: Características de los sectores formados con la alternativa 3.....	87
Tabla 46: Caudal medio diario (qmd) en el horizonte de diseño (2040)	89
Tabla 47: Resumen de presiones y velocidades, máximas y mínimas, obtenidas con la simulación hidráulica de la alternativa 1 de sectorización.....	91
Tabla 48: Resumen de la cantidad de nudos y tramos para diferentes condiciones de presión y velocidad obtenidas con la simulación hidráulica de la alternativa 1 de sectorización.	91
Tabla 49: Resumen de presiones y velocidades, máximas y mínimas, obtenidas con la simulación hidráulica de la subalternativa 1.1 de sectorización.	92
Tabla 50: Resumen de la cantidad de nudos y tramos para diferentes condiciones de presión y velocidad obtenidas con la simulación hidráulica de la subalternativa 1.1 de sectorización. .	93

Tabla 51 Resumen de presiones y velocidades, máximas y mínimas, obtenidas con la simulación hidráulica de la alternativa 2 de sectorización.....	94
Tabla 52: Resumen de la cantidad de nudos y tramos para diferentes condiciones de presión y velocidad obtenidas con la simulación hidráulica de la alternativa 2 de sectorización.	94
Tabla 53: Resumen de presiones y velocidades, máximas y mínimas, obtenidas con la simulación hidráulica de la alternativa 3 de sectorización.....	95
Tabla 54: Resumen de la cantidad de nudos y tramos para diferentes condiciones de presión y velocidad obtenidas con la simulación hidráulica de la alternativa 3 de sectorización.	96
Tabla 55: Presupuesto referencial aproximado de la alternativa 1.	97
Tabla 56: Presupuesto referencial aproximado de la subalternativa 1.1.....	97
Tabla 57: Presupuesto referencial aproximado de la alternativa 2.	98
Tabla 58: Presupuesto referencial aproximado de la alternativa 3.	98

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Ubicación del cantón Sucúa. Tomado de GAD-Sucúa, 2014.	3
Figura 2: Actividades laborales predominantes en el cantón Sucúa. Tomado de GAD-Sucúa, 2014.....	5
Figura 3: Esquema del sistema de agua potable de Sucúa y Santa Marianita de Jesús.....	7
Figura 4: Ubicación de las plantas de tratamiento de Sucúa. Tomada de: Google Earth (2018).	9
Figura 5: Ubicación de la planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús. Tomado de Google Earth (2018).	15
Figura 6: Redes de distribución de Sucúa y Santa Marianita de Jesús. Tomado de Fajardo C. (2001) y Calle L. (2010).	19
Figura 7: Procedimiento del método de áreas propuesto por Arocha S. (1977).....	28
Figura 8: Circuito cerrado de 4 nudos.	32
Figura 9: Sectorización con válvulas de corte activadas permanentemente.....	33
Figura 10: Sectorización con desconexiones de tubería.....	34
Figura 11: Sectorización de red de distribución con una fuente de abastecimiento.....	34
Figura 12: Sectorización de una red de distribución mixta.	35
Figura 13: Válvula de cierre. Tomado de SC Fluids, 2010.	39
Figura 14: Válvula de purga manual. Tomado de Swagelok, 2012.	39
Figura 15: Válvula reductora de presión. Tomado de Bermad Control Valves, 2006.	40
Figura 16: Válvulas sostenedoras de presión. Tomado de Bermad Control Valves, 2006. ...	41
Figura 17: Válvula reguladora de flujo. Tomado de Honeywell, 2008.....	41
Figura 18: Hidrante. Tomado de Profuego, 2016.....	42
Figura 20: Ubicación general de los sitios de lectura.	44
Figura 21: Proyección demográfica en el área de servicio del proyecto, por el método aritmético y en función de las tasas de crecimiento anual del cantón Sucúa según el INEC (2010).....	57
Figura 22: Proyección demográfica en el área de servicio del proyecto, por el método exponencial y en función de la tasa de crecimiento del cantón Sucúa según el GAD-Sucúa (2014).....	57
Figura 23: Promedios anuales de dotación neta total en Sucúa y Santa Marianita de Jesús a base de población servida.	61

Figura 24: Promedios anuales de dotación neta doméstica en Sucúa y Santa Marianita de Jesús a base de población servida.....	62
Figura 25: Promedios anuales de dotación neta total en Sucúa y Santa Marianita de Jesús a base del número de habitantes por vivienda.	64
Figura 26: Promedios anuales de dotación neta doméstica en Sucúa y Santa Marianita de Jesús a base del número de habitantes por vivienda.	65
Figura 27: Comparación de los tanques de almacenamiento de la planta de tratamiento N° 2 de Sucúa con el tanque de almacenamiento 3 para la simulación hidráulica de la red existente.	77
Figura 28: Rango de presiones de la red existente en el escenario crítico del año 2017.....	79
Figura 29: Rango de presiones de la red existente en el escenario crítico del año 2040.....	80
Figura 30: Alimentación de los sectores formados con la alternativa 1	83
Figura 31: Alimentación de los sectores formados con la subalternativa 1.....	84
Figura 32: Alimentación de los sectores formados con la alternativa 2.....	86
Figura 33: Alimentación de los sectores formados con la alternativa 3.....	88
Figura 34: Rango de presiones de la red sectorizada con la alternativa 1.	92
Figura 35: Rango de presiones de la red sectorizada con la subalternativa 1.	93
Figura 36: Rango de presiones de la red sectorizada con la alternativa 2.....	95
Figura 37: Rango de presiones de la red sectorizada con la alternativa 3.	96

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.

Fotografía 1.....	10
Fotografía 2.....	10
Fotografía 3.....	10
Fotografía 4.....	11
Fotografía 5.....	11
Fotografía 6.....	12
Fotografía 7.....	12
Fotografía 8.....	13
Fotografía 9.....	14
Fotografía 10.....	14
Fotografía 11.....	15
Fotografía 12.....	16
Fotografía 13.....	16
Fotografía 14.....	20
Fotografía 15.....	17
Fotografía 16.....	18

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Antecedentes.

La Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Sucúa (EPMAPA-S, 2017) dispone de registros mensuales de los consumos de agua potable de los usuarios abastecidos por la red de distribución existente desde el año 1980.

El Código de Práctica Ecuatoriano (CPE-INEN 005-9-1, 1992) a falta de datos que permitan estimar la dotación de agua potable requerida por los habitantes de una comunidad, recomienda para poblaciones de 5.000 a 50.000 habitantes en clima cálido, una dotación media futura de 200 l/hab/día a 230 l/hab/día para estudios de factibilidad de proyectos. La adopción de dotaciones sin realizar investigaciones de consumo podría generar sobredimensionamientos o subdimensionamientos de los sistemas de agua potable.

La ciudad de Sucúa cuenta con un sistema de distribución de agua potable desde la década de los 80's la cual ha sido ampliada en varias ocasiones para expandir su área de servicio y abastecer a un mayor porcentaje de población, sin embargo, no cuenta con una sectorización del sistema que permita condiciones adecuadas de operación y mantenimiento.

1.2. Justificativos.

El interés en la realización de la presente investigación sobre el nivel de consumo y sectorización de la red de distribución del sistema de agua potable de la ciudad de Sucúa, cantón Sucúa, provincia de Morona Santiago, es mejorar el servicio de agua potable a la comunidad para mejorar las condiciones de vida de la población.

La red de distribución de la ciudad no está sectorizada y el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Sucúa (GADM-Sucúa) carece de estudios técnicos referentes a la sectorización. Esto ha generado baja eficiencia en las condiciones de operación y mantenimiento de la red de distribución por las suspensiones del servicio que afectan a toda la población cuando se requiere realizar actividades de mantenimiento. Por otra parte, el estudio de los niveles de consumo real en la red de distribución permitirá conocer la dotación de agua potable para poder cuantificar de mejor manera los caudales de diseño para futuras ampliaciones del sistema y para modelaciones de la red de distribución con fines de sectorización.

1.3. Objetivos.

1.3.3. Objetivo general.

Determinar los consumos unitarios y realizar la propuesta de sectorización de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Sucúa, cantón Sucúa, provincia Morona Santiago, para mejorar sus condiciones de operación y mantenimiento.

1.3.4. Objetivos específicos.

- Describir las características más importantes del sistema de agua potable de la ciudad de Sucúa, cantón Sucúa, provincia Morona Santiago.
- Revisar aspectos técnicos de la literatura especializada relacionada con consumos de agua potable, y diseño y sectorización de redes de distribución.
- Determinar referencialmente los consumos de agua y comparar los resultados con recomendaciones de la norma vigente.
- Simular el comportamiento hidráulico de la red existente de agua potable en Sucúa y proponer esquemas de sectorización.

1.4. Metodología.

Previo a la recolección de información, se realizará una revisión de literatura técnica con el propósito de describir los aspectos contemplados en esta investigación. Para la obtención del consumo diario de agua potable en la ciudad de Sucúa, se emplearán técnicas de observación directa en medidores seleccionados estratégicamente ubicados en la ciudad; y además, se analizarán los registros de consumos proporcionados por la EPMAPA - S, para relacionarla con la información obtenida en campo.

A base de planimetría y planos de la configuración actual del sistema de distribución, se simulará el comportamiento hidráulico de la red de distribución sectorizada utilizando el software EPANET para comparar varias configuraciones de sectorización y recomendar la más adecuada.

2. INFORMACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.

2.1. Información general del área de influencia.

2.1.1. Ubicación y límites.

La ciudad de Sucúa está ubicada en la provincia de Morona Santiago, en el cantón Sucúa, a 18 km de la capital, Macas. La parroquia de Santa Marianita de Jesús está ubicada a 3,3 km de la ciudad de Sucúa en la vía Sucúa - Macas. Según el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Sucúa (GAD-Sucúa, 2014) el cantón limita al norte con el cantón Morona, al sur con los cantones Santiago y Logroño, al este con el cantón Taisha y al oeste con la provincia de Chimborazo. En la figura 1 se presenta la localización geográfica del cantón Sucúa y de las parroquias de Sucúa y Santa Marianita de Jesús.



Figura 1: Ubicación del cantón Sucúa. Tomado de GAD-Sucúa, 2014.

2.1.2. Topografía.

Según el GAD-Sucúa (2014) la topografía del cantón en sus periferias es irregular y accidentada con formas estratigráficas planas y semiplanas, con altitudes entre los 520 msnm y 4290 msnm y pendientes que varían entre 0 y 20 %; en la zona central, el Valle del Upano presenta un relieve de carácter regular que permite el asentamiento de las poblaciones abastecidas por el sistema de agua potable (ciudad de Sucúa y parroquia de Santa Marianita de Jesús), las cuales están ubicadas entre los 754 msnm y 882 msnm.

2.1.3. Geología.

El GAD-Sucúa (2014) indica que en el cantón Sucúa existen 12 formaciones geológicas que permiten identificar la presencia de recursos minerales y aguas subterráneas. Cada una de las formaciones contiene rocas y minerales específicos que pueden ser explotados y constituir una

riqueza para el cantón, tales como: arenisca, lutita, riolita, andesita, cuarzo, cuarcita, pizarra y esquisto.

2.1.4. Clima.

El GAD-Sucúa (2014) define al clima del cantón Sucúa como tropical cálido húmedo, puesto que presenta una temperatura promedio anual de 22,5° C y una humedad relativa anual promedio de 87,04%. Según los anuarios meteorológicos e hidrológicos (correspondientes al período 2003 – 2012) del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), los meses de enero y agosto son los períodos con menor y mayor pluviosidad, respectivamente, registrando una media anual de pluviosidad de 1.750 mm.

2.1.5. Características socioeconómicas

De acuerdo al censo de población y vivienda realizado en el 2010 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2010) en el cantón Sucúa existen 13.408 personas que han alcanzado la edad suficiente para ejercer laboralmente, de las cuales 6.892 son económicamente activas; el índice de pobreza del cantón alcanza el 63,4%, valor inferior al promedio nacional de 71,4% y al obtenido en los censos de población y vivienda realizados en el 2001 y 1990, los cuales alcanzaron el 77,4% y 85,8%, respectivamente.

El GAD-Sucúa (2014) define a la agricultura (especialmente en cultivos de ciclo corto) y ganadería como las actividades económicas predominantes en el cantón Sucúa, llegando a ocupar entre ambas actividades una superficie de aproximadamente 40.000 Ha. Además menciona al comercio como otra actividad de importancia, puesto que a pesar de no contar con equipamiento suficiente dentro del cantón, se ha logrado expender productos a distintas localidades, principalmente a la ciudad de Cuenca, lo que indica que su economía no está basada plenamente en el autoconsumo. La misma fuente indica que los ingresos en el cantón por venta de bienes y servicios son de USD 38'084.563 de los cuales el 35% pertenece a ventas al por mayor y menor, el 25% a actividades de alojamiento, alimentación y enseñanza, el 23% a administración pública, el 9% a actividades de salud y un 8% a suministros de gas, electricidad y aire acondicionado.

La figura 2 indica porcentualmente las actividades laborales predominantes que practica la población económicamente activa del cantón Sucúa.

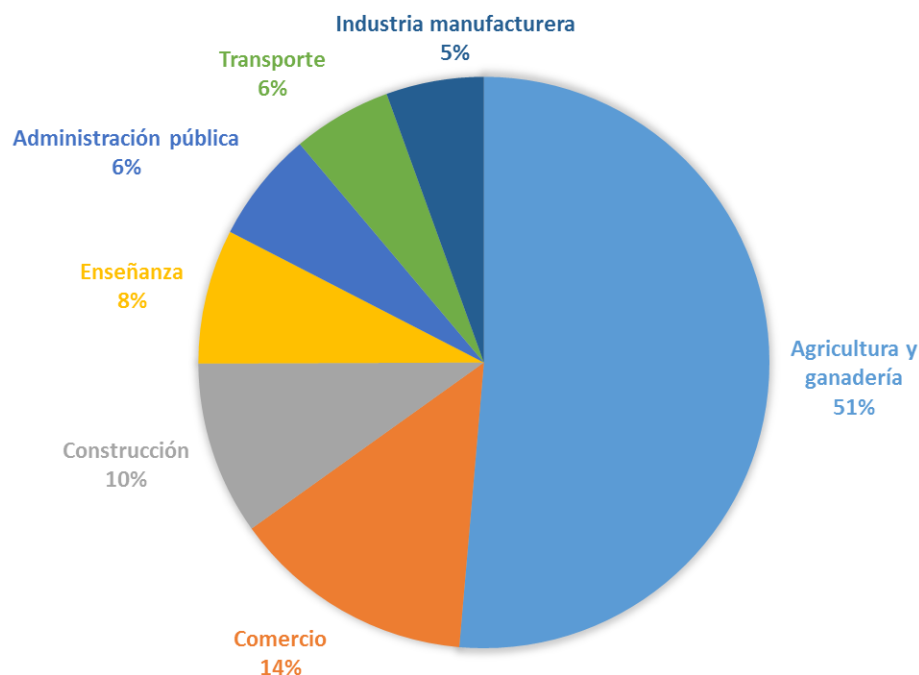


Figura 2: Actividades laborales predominantes en el cantón Sucúa. Tomado de GAD-Sucúa, 2014.

2.1.6. Uso del suelo

El clima y temperatura son factores que en los últimos años han influenciado la expansión de actividades agropecuarias en las zonas rurales de la ciudad de Sucúa y la parroquia de Santa Marianita de Jesús. El GAD-Sucúa (2014) indica que el suelo destinado a actividades agropecuarias ha incrementado 4,94% entre los años 2000 y 2008, reemplazando la superficie que anteriormente estaba dispuesta de bosque y vegetación. El anexo 1 muestra el uso del suelo en el área consolidada de ambos poblados, los cuales cuentan con una superficie total de 722,36 Ha, destinadas a usos residenciales, comerciales y establecimientos públicos de educación, salud, recreación y administración.

2.1.7. Población.

La población total y la cobertura del servicio de agua potable en la parroquia de Santa Marianita de Jesús y en el sector urbano y rural de la ciudad Sucúa según los censos realizados en 1990, 2001 y 2010 por el INEC se indican en la tabla 1.

Tabla 1: Población total y cobertura del servicio de agua potable en cada año censal en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.

Localidad	1990		2001		2010	
	Población Total	Cobertura (%)	Población Total	Cobertura (%)	Población Total	Cobertura (%)
Sucúa sector urbano	4.707	88,69	6.310	96,56	7.805	99,23
Sucúa sector rural	2.517	40,26	3.701	40,47	4.814	49,33
Sta. Marianita de Jesús	684	62,69	688	70,13	905	69,86

Nota: Basada en INEC, 2010.

El INEC (2010) según el censo de población y vivienda realizado en el 2010 define que la población está compuesta principalmente por adultos entre 30 y 64 años (27%), niños entre 0 y 9 años (26%), adolescentes entre 10 y 19 años (25%), jóvenes de 20 a 29 años (16%) y adultos mayores de 64 años (6%); y que los shuar, mestizos y afro-ecuatorianos son los grupos étnicos que representan el mayor porcentaje (93,84%) de la población existente.

2.1.8. Salud.

De acuerdo al GAD-Sucúa (2014), en Sucúa existen 40 entidades de salud, entre las cuales se pueden enumerar: dos hospitales, un centro y seis subcentros de salud, 12 consultorios médicos y odontológicos, dos clínicas, cuatro laboratorios y 13 farmacias; mientras que la parroquia de Santa Marianita de Jesús, solamente dispone de una institución de salud. El GAD-Sucúa (2014) enumera a las siguientes enfermedades como las principales causantes de morbilidad: parasitosis intestinal, hipertensión arterial, diabetes mellitus y neuralgia.

2.1.9. Educación.

El GAD-Sucúa (2014) indica que en la ciudad de Sucúa se cuenta con 32 establecimientos educativos de nivel inicial, básico y bachillerato, que acogen a un total de 5.884 estudiantes, y que en la parroquia de Santa Marianita de Jesús existe 1 establecimiento educativo de nivel básico al cual acuden 166 estudiantes. La tabla 2 resume los parámetros más importantes de los establecimientos educativos según el nivel de educación.

Tabla 2: Establecimientos educativos, estudiantes y profesores según el nivel de educación.

Nivel de educación	Número de Establecimientos	Número de Estudiantes	Número de Profesores	Número de estudiantes por profesor
Inicial y Básico	10	2.648	129	21
Básico	20	1.751	75	24
Bachillerato	3	1.651	91	19
Total	33	6.050	295	21

Nota: Basada en GAD-Sucúa, 2014.

2.2. Descripción del sistema de agua potable.

El sistema de agua potable está conformado actualmente por los sistemas de agua potable de la ciudad de Sucúa (abastece al sector urbano de la ciudad de Sucúa y al 33,79% de usuarios de su sector rural) y de la parroquia de Santa Marianita de Jesús (abastece a la parroquia de Santa Marianita de Jesús y al 15,54% de usuarios del sector rural de la ciudad de Sucúa), que funcionaban de manera independiente hasta mayo del 2016, fecha en la que el GADM de Sucúa unificó las redes de distribución de dichos sistemas para mejorar los niveles de servicio proporcionados a los usuarios del sector urbano de la ciudad de Sucúa. Según el diseño

definitivo del sistema de agua potable para la ciudad de Sucúa (2001) y el diseño definitivo del sistema de agua potable para la parroquia de Santa Marianita de Jesús (2010), los componentes que conforman estos sistemas de agua potable son: captaciones, líneas de conducción, plantas de tratamiento, reservas y redes de distribución, que serán descritos a continuación. La figura 3 contiene un esquema de la configuración del sistema de agua potable de Sucúa y Santa Marianita de Jesús.

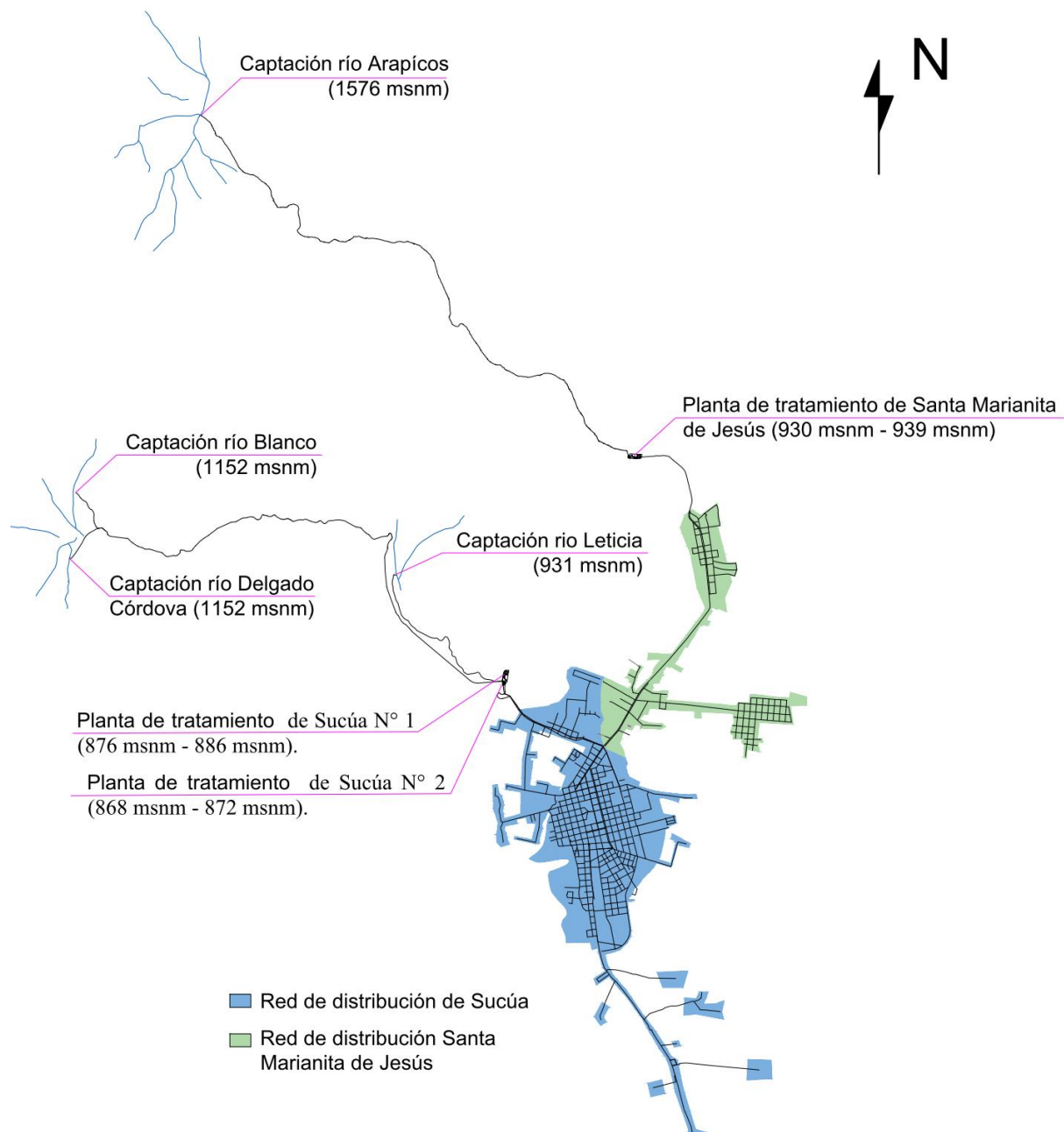


Figura 3: Esquema del sistema de agua potable de Sucúa y Santa Marianita de Jesús. Elaborado por el autor.

2.2.1. Captaciones.

Las estructuras de captación que abastecen a las plantas de tratamiento de la ciudad de Sucúa, aportan un caudal total de 121 l/s y se ubican en los ríos Delgado Córdova (37 l/s), Blanco (69 l/s) y Leticia (15 l/s), en las cotas 1.245, 1.152 y 931 msnm, respectivamente. El río Arapicos dispone de una estructura de captación en la cota 1.513 msnm que aporta un caudal aproximado de 40 l/s a la planta de tratamiento de la parroquia de Santa Marianita de Jesús.

Todas las estructuras cuentan con un azud con toma lateral y un desarenador encargado de reducir el contenido de arena y partículas suspendidas en el agua captada. El esquema 2.1 del anexo 2 representa la configuración típica de las cuatro estructuras de captación descritas.

2.2.2. Líneas de conducción.

Según Fajardo C. (2001) las líneas de conducción de los ríos Delgado Córdova y Blanco fueron implementadas en el año 2001 y 1980, respectivamente, y funcionan a gravedad empleando un total aproximado de 11 km de tubería PVC con diámetros de 110 mm (843,52 m), 160 mm (4.437,32 m) y 200 mm (5.743,43 m); el agua que captan es transportada con líneas de conducción independientes hasta un tanque rompe presiones ubicado en la cota (1.039 msnm), a partir del cual el agua se transporta a las plantas de tratamiento de Sucúa con una sola línea de conducción provista de tanques rompe presiones en las cotas 1.015 msnm y 969 msnm. El agua captada en el río Leticia es transportada a las plantas de tratamiento de Sucúa con una línea de conducción de PVC de 3,33 km de longitud y 200 mm de diámetro la cual funciona a gravedad y fue implementada en el año 2001. (Fajardo, 2001).

Según Calle L. (2010) el agua captada en el río Arapicos es conducida a gravedad a través de una línea de conducción implementada en el año 2010 la cual cuenta con una longitud total de tubería PVC de 11,3 km con diámetros de 160 mm (5.408 m) y 200 mm (5.892,2 m); esta línea ha sido equipada con 41 válvulas de aire, 7 válvulas de purga y 5 tanques rompedores de presión.

En los esquemas 2.2 y 2.3 del anexo 2 se pueden apreciar las configuraciones descritas de las líneas de conducción.

2.2.3. Plantas de tratamiento.

El agua captada es acondicionada para el consumo humano en tres plantas de tratamiento: dos, que suministran a la ciudad de Sucúa; y, una a la parroquia de Santa Marianita de Jesús. Estas son instalaciones de hormigón armado que adoptan procesos de tratamiento distintos, por lo

que se describen a continuación de manera separada y según los diseños definitivos de los sistemas de agua potable para la ciudad de Sucúa y la parroquia de Santa Marianita de Jesús.

2.2.3.1. Plantas de tratamiento de Sucúa.

Las plantas de tratamiento de la ciudad de Sucúa se ubican de manera contigua en un predio de aproximadamente 1,6 hectáreas entre las cotas 868 y 886 msnm en la vía a Tambache a 3 km de la red de distribución. En la figura 4 se presenta la ubicación de las plantas de tratamiento de Sucúa.



Figura 4: Ubicación de las plantas de tratamiento de Sucúa. Tomada de: Google Earth (2018).

Planta de tratamiento N° 1.

La planta de tratamiento N° 1 denominada Planta Nueva es de tipo convencional y fue inaugurada en el 2001; su capacidad es de 60 l/s de agua. Las características generales de sus componentes se presentan en el esquema 2.4 del anexo 2 y se resumen a continuación:

Cámara de entrada: la cámara de entrada tiene dimensiones de 4,8 m x 1,9 m de base y 1,5 m de altura; dispone de dos vertederos de salida que distribuyen el agua a la unidad de almacenamiento de agua cruda y está ubicada en la cota 886 msnm (Fajardo, 2001). En la fotografía 1 se indica la cámara de entrada de la planta de tratamiento N° 1 de Sucúa.

Fotografía 1



Cámara de entrada de la planta de tratamiento N° 1 de Sucúa.

Almacenamiento de agua cruda: conformada por dos lagunas de 18,90 m x 53,65 m que almacenan un volumen de 2.000 m³ de agua cruda cada una, para suministrar caudal durante eventos de desabastecimiento por parte de las líneas de conducción existentes; está ubicada en la cota 886 msnm (Fajardo, 2001). En la fotografía 2 se indica el almacenamiento de agua cruda de la planta de tratamiento N° 1 de Sucúa.

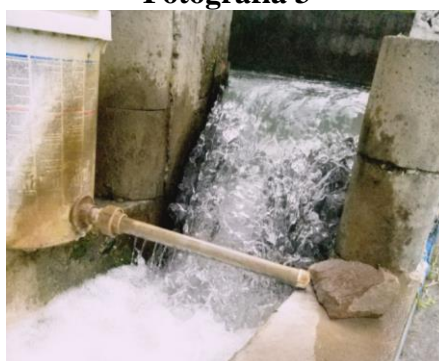
Fotografía 2



Almacenamiento de agua cruda de la planta de tratamiento N° 1 de Sucúa.

Mezcla rápida: conformada por una canaleta Parshall que genera turbulencia y mezcla el volumen de agua entrante con sulfato de aluminio, el cual es suministrado por un dosificador; está ubicada en la cota 882 msnm (Fajardo, 2001). La fotografía 3 indica la unidad de mezcla rápida de la planta de tratamiento N° 1 de Sucúa.

Fotografía 3



Unidad de mezcla rápida de la planta de tratamiento N° 1 de Sucúa.

Floculador hidráulico de flujo horizontal: provisto de 39 pantallas que amplían el trayecto del agua hacia el sedimentador. Está ubicada después de la unidad de mezcla rápida, en un área de 136,89 m²; sus dimensiones son 11,7 m x 11,7 m y consta de tres compartimentos. El compartimento N° 1 tiene 12 pantallas separadas 0,30 m entre si y 0,50 m de las paredes; el compartimento N° 2 consta de 18 pantallas con una separación de 0,50 m entre si y 0,75 m de las paredes; el compartimento N° 3 tiene 9 pantallas espaciadas 0,85 m entre si y 1,0 m de las paredes. El floculador está ubicado en la cota 882 msnm (Fajardo, 2001). La fotografía 4 indica el floculador hidráulico de flujo horizontal de la planta de tratamiento N° 1 de Sucúa.

Fotografía 4



Floculador hidráulico de flujo horizontal de la planta de tratamiento N° 1 de Sucúa.

Sedimentador de alta tasa: sus dimensiones son 12,15 m x 5,05 m, ocupa un área de 61,36 m² y está conformada por dos cámaras simétricas de sedimentación laminar provistas de planchas de fibrocemento. Al finalizar el proceso, el agua sedimentada va a un aliviadero a través de vertederos ubicados en la salida de las cámaras de sedimentación, para luego ser enviada a la siguiente unidad de tratamiento. Los sedimentos formados son expulsados a través de purgas ubicadas en la parte inferior del sedimentador las cuales están conectadas al desagüe; está ubicada en la cota 882 msnm (Fajardo, 2001). La fotografía 5 presenta el sedimentador de alta tasa de la planta de tratamiento N° 1 de Sucúa.

Fotografía 5



Sedimentador de alta tasa de la planta de tratamiento N° 1 de Sucúa.

Filtros rápidos descendentes: están ubicada en un área de $34,8 \text{ m}^2$ inmediatamente después de la unidad de sedimentación; consta de cuatro unidades con dimensiones de $3,0 \text{ m} \times 2,9 \text{ m}$ con $3,3 \text{ m}$ de profundidad, provistas de un lecho filtrante de $0,65 \text{ m}$ de arena que permite una velocidad de filtración de $130 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$ y de un lecho de grava con un espesor de $0,45 \text{ m}$. El retrolavado se realiza a través de una línea secundaria instalada bajo los filtros y que es alimentada desde las lagunas de almacenamiento de agua cruda, la cual se abre cuando operaciones de mantenimiento son necesarias; están ubicados en la cota 882 msnm (Fajardo, 2001). La fotografía 6 presenta los filtros rápidos descendentes de la planta de tratamiento N° 1 de Sucúa.

Fotografía 6



Filtros rápidos descendentes de la planta de tratamiento N° 1 de Sucúa.

Cámara de cloración: está ubicada en la cota 881 msnm bajo una losa de hormigón armado; sus dimensiones en planta son $13,1 \text{ m} \times 3,0 \text{ m}$, ocupa un área de $39,3 \text{ m}^2$ y tiene un volumen aproximado de 118 m^3 . Está compuesta por cuatro pantallas verticales que generan un tiempo de contacto de 33 minutos. El cloro es inyectado por goteo con un dosificador a razón de 175 g/h (Fajardo, 2001). La fotografía 7 presenta la cámara de cloración de la planta de tratamiento N° 1 de Sucúa.

Fotografía 7



Cámara de cloración de la planta de tratamiento N° 1 de Sucúa.

Planta de tratamiento N° 2.

La planta de tratamiento N° 2 o mejor conocida como Planta Antigua, es de filtración directa a través de filtros rápidos descendentes y fue inaugurada en 1980. Su capacidad es de 5 l/s. Las unidades que la conforman se indican en el esquema 2.5 del anexo 2 y son descritas a continuación:

Cámara de distribución de caudales: sus dimensiones son 2,9 m x 3,9 m y está provista de tres cámaras, dos de las cuales dirigen respectivamente el caudal a la unidad de filtración y al tanque de carga (empleado para retrolavado), mientras la tercera cámara aloja válvulas de cierre, que son empleadas cuando operaciones de mantenimiento son necesarias; está ubicada en la cota 872 msnm (Fajardo, 2001). La fotografía 8 presenta la cámara de distribución de caudales de la planta de tratamiento N° 2 de Sucúa.

Fotografía 8



Cámara de distribución de caudales de la planta de tratamiento N° 2 de Sucúa.

Filtros rápidos descendentes: están emplazados en la cota 869 msnm, en un área de 34,56 m² y están provistos de cinco unidades con dimensiones de 2,1 m x 2,7 m de base y 3,0 m de altura. El lecho filtrante tiene un espesor de 0,55 m de arena y permite una tasa de filtración de 120 m³/m²/día, mientras que el lecho de grava tiene un espesor de 0,4 m. Al terminar el proceso de filtración, un canal recolecta el agua y la conduce a la unidad de cloración. El retrolavado se realiza a través de una línea instalada bajo los filtros que se alimenta de un tanque de carga empleado para las operaciones de mantenimiento y limpieza de esta unidad (Fajardo, 2001). La fotografía 9 presenta los filtros rápidos descendentes de la planta de tratamiento N° 2 de Sucúa.

Fotografía 9



Filtros rápidos descendentes de la planta de tratamiento N° 2 de Sucúa.

Unidad de cloración: está provista de una cámara de entrada de 1,5 m x 1,2 m, un vertedero que produce turbulencia en una segunda cámara de 1,5 m x 1,2 m en donde se mezcla instantáneamente el agua con el cloro, el cual es suministrado por un dosificador a razón de 14 g/h; está ubicada en la cota 869 msnm (Fajardo, 2001). La fotografía 10 presenta la unidad de cloración de la planta de tratamiento N° 2 de Sucúa.

Fotografía 10



Unidad de cloración de la planta de tratamiento N° 2 de Sucúa.

2.2.3.2. Planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús.

La planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús tiene una capacidad de 20 l/s, consta de tres filtros lentos de arena y está ubicada en un predio de aproximadamente 1,1 hectáreas, entre las cotas 930 msnm y 939 msnm, a 450 m de la vía a Macas. En la figura 5 se presenta la ubicación de la planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús.



Figura 5: Ubicación de la planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús. Tomado de Google Earth (2018).

Los componentes de la planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús son de hormigón armado, se indican en el esquema 2.6 del anexo 2; y se describen a continuación según el diseño definitivo del sistema de agua potable para la parroquia de Santa Marianita de Jesús (2010).

Cámara de entrada de caudal: esta unidad cuenta con un cajón de 2,25 m x 2,70 m encargado de distribuir el caudal entrante equitativamente a las tres unidades de filtración lenta ubicadas posteriormente; se encuentra en la cota 939 msnm (Calle, 2010). La fotografía 11 presenta la cámara de entrada de caudal de la planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús.

Fotografía 11



Cámara de entrada de caudal de la planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús.

Filtros lentos descendentes: están ubicados en la cota 937 msnm, en un área de 316 m² inmediatamente después de la cámara de entrada de caudal; constan de tres unidades similares

de 12,75 m x 8,25 m de base con una altura de 2,5 m y de vertederos de entrada y salida; el lecho filtrante tiene un espesor de 0,9 m de arena y permite una tasa de filtración de $6,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$, mientras que el lecho de grava tiene un espesor de 0,5 m. La limpieza de los filtros se hace reemplazando el lecho filtrante por una nueva capa de arena, cuando la capa biológica resultante del proceso de filtración alcance un espesor que degrade el tratamiento (Calle, 2010). La fotografía 12 presenta los filtros lentos descendentes de la planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús.

Fotografía 12



Filtros lentos descendentes de la planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús.

Unidad de cloración: se encuentra en la cota 934 msnm y está provista de tres cámaras similares de 1,30 m x 1,50 m con una profundidad de 2,5 m; en la cámara N° 1 se introduce cloro gas a razón de 55 g/h en el agua, para mezclarlas posteriormente con turbulencia que se genera gracias a vertederos implementados en las entradas de las cámaras N° 2 y N° 3 (Calle, 2010). La fotografía 13 presenta la unidad de cloración de la planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús.

Fotografía 13



Unidad de cloración de la planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús.

2.2.4. Reservas

El agua potable es almacenada en tanques de hormigón armado ubicados en la salida de cada una de las plantas de tratamiento. Las unidades de reserva son las siguientes:

- Reserva de la planta de tratamiento N° 1 de Sucúa: el agua tratada se almacena en un tanque de hormigón armado con 500 m³ de capacidad ubicado en la cota 876 msnm, el cual tiene una altura de 3,5 m y un diámetro de 13,5 m (Fajardo, 2001). La fotografía 14 indica el tanque de reserva de la planta de tratamiento N° 1 de Sucúa el cual puede ser identificado en la figura 6 como reserva 2.
- Reserva de la planta de tratamiento N° 2 de Sucúa: el agua tratada se almacena en tres tanques de hormigón armado ubicados en la cota 868 msnm que tienen una capacidad total de 500 m³ (Fajardo, 2001). Las dimensiones de los tanques de almacenamiento se especifican en la siguiente tabla:

Tabla 3: Dimensiones de tanques de almacenamiento (Planta de tratamiento N° 2).

Reserva N°	Volumen (m ³)	Cota (msnm)	Altura (m)	Diámetro (m)
3	200	868	2,75	9,6
4	200	868	2,75	9,6
5	100	868	2,75	6,8

Nota: Tomada de Fajardo C. (2001).

La fotografía 15 muestra estos tanques de reserva los cuales pueden identificarse en la figura 6 como reservas 3, 4 y 5.

Fotografía 14



Reserva de la planta de tratamiento N° 1 de Sucúa

Fotografía 15

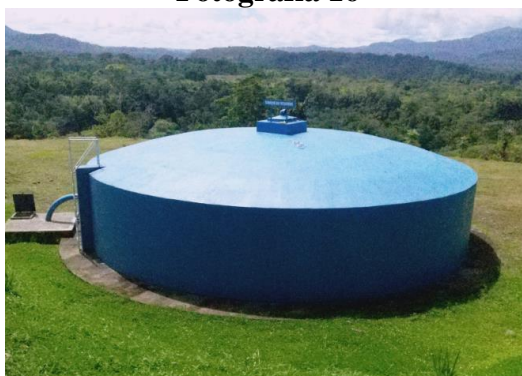


Reservas de la planta de tratamiento N° 2 de Sucúa

- Reserva de la planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús: el agua tratada es almacenada en un tanque de reserva de 11,5 m de diámetro por 2,90 m de altura (reserva 1) el cual tiene una capacidad de 300 m³ y está ubicado en la cota 930 msnm (Calle, 2010).

La fotografía 16 indica el tanque de reserva de la planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús el cual puede ser identificado en la figura 6 como reserva 1.

Fotografía 16



Reserva de la planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús.

2.2.5. Red de distribución.

En la parroquia de Santa Marianita de Jesús, el agua potable es trasladada desde el tanque de reserva localizado a 930 msnm a través de una línea de tubería de PVC de 1,7 km de longitud y 250 mm de diámetro que alimenta a su red de distribución, ubicada entre las cotas 808,05 msnm y 879,6 msnm, la cual tiene un trazado ramificado debido a la dispersión de su población. La red de distribución de la ciudad de Sucúa está ubicada entre las cotas 763,72 msnm y 848,80 msnm y es alimentada por cuatro tanques de reserva: uno localizado en la cota 876 msnm, y tres en la cota 868 msnm, a través de tres líneas de tubería de PVC de 3 km de longitud cada una: dos con diámetro de 250 mm y una con diámetro de 63 mm. El trazado de la red de distribución es de circuitos cerrados. La configuración descrita la indica la figura 6.

La EPMAPA-S indica que las redes de distribución de agua potable tienen un área de influencia total de 1.172 hectáreas y abastecen a alrededor de 3.397 usuarios domiciliarios, de los cuales el 83% está en Sucúa y el 17% restante en Santa Marianita de Jesús. Cuentan con una longitud total de tubería de 132 km, enterrada 1,2 m bajo la superficie del suelo, al oeste en calles de dirección norte - sur y al norte en calles de dirección este – oeste y con un total de 661 nudos, repartidos 429 en el sector urbano y 183 en el sector rural de Sucúa y 51 en Santa Marianita de Jesús.

En ciertos meses de los años 2014, 2015, 2016 y 2017, la línea de conducción que transporta las aguas captadas desde el río Leticia ha sido afectada por fuertes lluvias, mermando la producción de las plantas de tratamiento que alimenta y causando molestia a los usuarios de la ciudad de Sucúa, quienes hicieron uso del servicio de agua potable con niveles de presión insuficiente cuando el incidente ocurría.

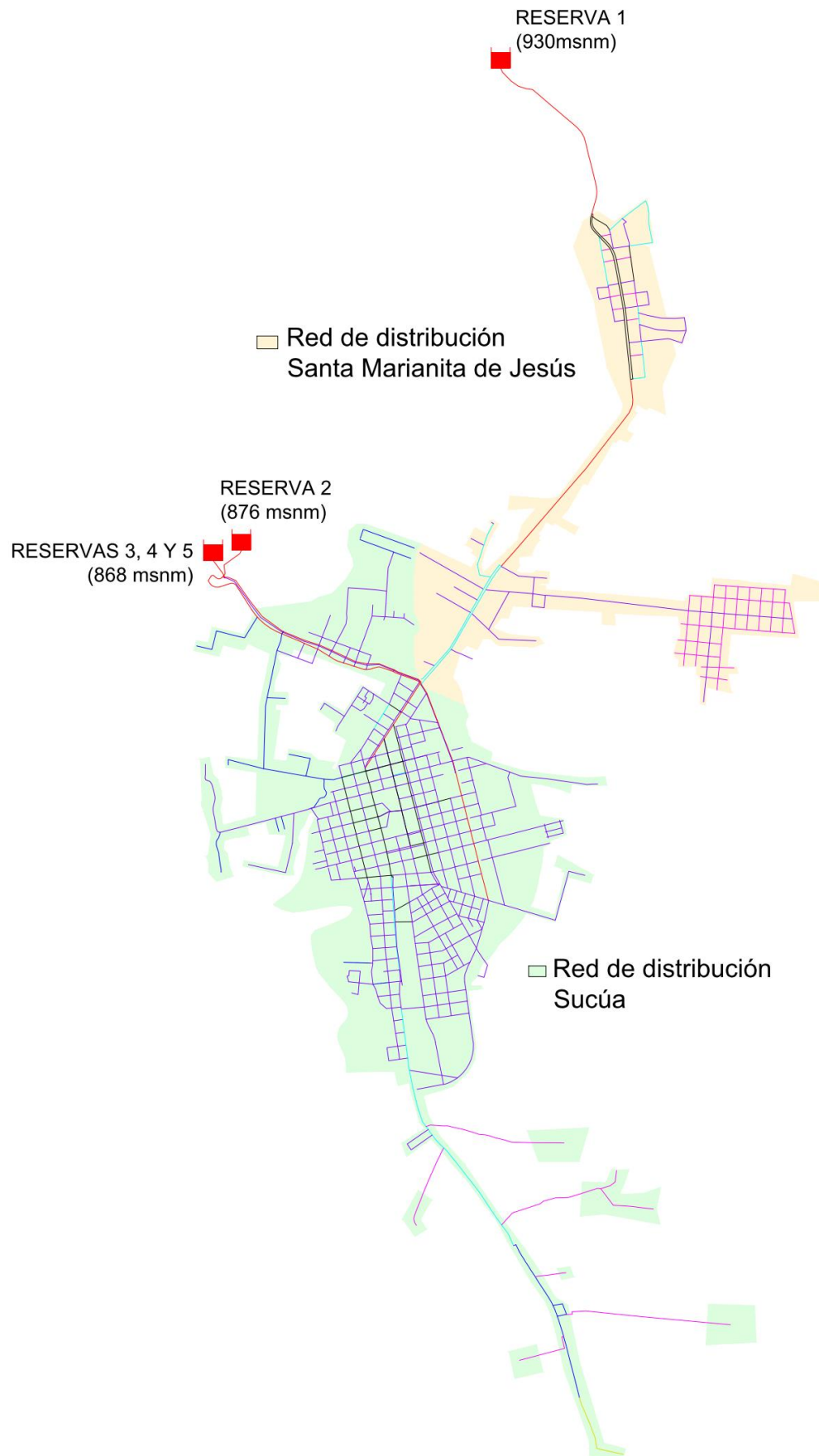


Figura 6: Redes de distribución de Sucúa y Santa Marianita de Jesús. Tomado de Fajardo C. (2001) y Calle L. (2010).

El GADM de Sucúa solucionó parcialmente este problema al combinar las redes de distribución de Sucúa y Santa Marianita de Jesús en mayo del 2016, pues la capacidad de diseño de la planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús era mayor a la demanda de los usuarios que abastecía, permitiendo con esta medida dotar a los usuarios de Sucúa con el volumen excedente de agua potable producida en dicha planta de tratamiento.

La configuración de las redes de distribución de agua potable de las localidades de Sucúa y Santa Marianita de Jesús es descrita con mayor detalle en el capítulo 5.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

3.1. Consumos de agua.

3.1.1. Categoría de usuarios.

Nazih K. y Lawrence K. (2015) mencionan que los usuarios en una comunidad pueden ser de tipo doméstico, comercial, industrial y público, y describen a cada categoría de la siguiente manera:

- a) Doméstico: es el volumen de agua potable empleado en actividades domésticas. El desglose de consumos de dichas actividades puede alcanzar los siguientes porcentajes: 41% descarga de inodoros, 37% aseo personal, 6% en usos de cocina, 5% para beber, 4% para lavar ropa, 3% para limpieza del hogar, 3% para el riego de césped y jardines y 1% para lavar el vehículo familiar.
- b) Comercial: es el consumo de agua potable llevado a cabo por el sector comercial de la ciudad. Incluye: oficinas en general, mercados, restaurantes, bares, hoteles, centros comerciales, etc. Los niveles de consumo rondan los 20 l/m²/día en oficinas, 100 l/local/día en mercados, 6 l/m²/día en locales comerciales, 50 l/m² área útil/día en bares y restaurantes, 600 l/ocupante/día en hoteles y 25 l/m² área útil/día en centros comerciales.
- c) Industrial: es el volumen de agua potable consumido por el sector industrial, el cual es el responsable principal de la contaminación de aguas receptoras, por lo que sus efluentes deben recibir un pretratamiento antes de ser descargados en el alcantarillado público. Sus consumos pueden alcanzar los 6,5 m³/día en la industria azucarera, 25 m³/día en la industria química, 70 m³/día en la industria de papel, 17 m³/día en la industria de bebidas, 5 m³/día en la industria de alimentos y 97 m³/día en la industria textil.
- d) Público: es el consumo de agua potable en edificios e instalaciones públicas como escuelas, colegios, hospitales, cuarteles e hidrantes. Representa aproximadamente al 3% del consumo total de agua potable en una ciudad.

3.1.2. Dotaciones.

Según el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2010) la dotación neta de agua potable es el volumen mínimo de agua potable requerido diariamente por un habitante para satisfacer sus necesidades básicas sin tomar en cuenta las pérdidas que ocurren en el sistema de distribución. La misma fuente también se refiere a la dotación bruta, la cual considera las pérdidas existentes en el sistema de distribución y proporciona la siguiente ecuación para estimarla.

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p} \quad (1)$$

En donde:

d_{bruta} = dotación bruta de agua potable, l/hab/día.

d_{neta} = dotación neta de agua potable, l/hab-día.

$\%p$ = porcentaje de pérdidas en el sistema de distribución de agua potable.

El CPE-INEN 005-9-1 (1992) en el numeral 4.1.4.1 recomienda estimar la dotación neta considerando el volumen de agua potable necesario para cubrir la demanda de usuarios de índole doméstico, comercial, industrial y público, condiciones climáticas del lugar y además posibles requerimientos para protección contra incendios y limpieza de alcantarillas. También menciona que a falta de datos, se podrá hacer uso de los valores que indica la tabla 4 para estudios de factibilidad.

Tabla 4: Dotación media futura según clima y población de la localidad.

Población (Habitantes)	Clima	Dotación media futura (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
5000 a 50000	Frío	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
Más de 50000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Nota: Tomada de CPE-INEN 005-9-1 (1992).

El INEC (2012) en base al censo de población y vivienda realizado en el 2010 proporciona un valor de 26,86 m³/mes correspondiente al consumo mensual promedio por hogar de agua potable en el Ecuador (CMPH) y 3,78 habitantes promedio por hogar a nivel nacional (HP). Estos datos permitieron deducir que el consumo mensual promedio por habitante (CMPH) es de 7,1 m³/hab/mes y que la dotación promedio por habitante en el Ecuador (DP) es de aproximadamente 233,4 l/hab/día, como se indica a continuación:

$$CMPH = \frac{CMPH}{HP} = \frac{26,86 \text{ m}^3/\text{mes}}{3,78 \text{ hab}} = 7,1 \frac{\text{m}^3}{\text{hab} * \text{mes}}$$

$$DP = 7,1 \frac{\text{m}^3}{\text{hab} * \text{mes}} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ mes}}{30,42 \text{ dias}} = 233,4 \frac{\text{l}}{\text{hab} * \text{día}}$$

3.1.3. Medición de consumos.

Delgado V. (2008) define a la medición de consumos como el conjunto de acciones que permiten conocer el volumen de agua potable empleado por los usuarios, garantizando una facturación justa del servicio. Cuando por cualquier circunstancia estas acciones no pueden ser ejecutadas, la Ley Orgánica de Defensa del Consumidor en su artículo 40 señala lo siguiente: “Por excepción, en caso de pérdida, daño o imposibilidad física de acceder al sistema de medición, la planilla correspondiente al período inmediatamente posterior al momento del daño, podrá ser emitida por un valor equivalente al promedio mensual de los 6 períodos inmediatamente anteriores” (p.11).

Manco, Guerrero y Ocampo (2012) expresan que la implementación de artefactos de medición en hogares puede reducir su consumo de agua potable entre el 10 % y 30 %, estos artefactos poseen generalmente media pulgada de diámetro y pueden ser de tipo volumétrico o de velocidad. Corcho F. y Duque J (2005) indican que los medidores electromagnéticos, de pistón rotativo y de disco oscilante son de tipo volumétrico, mientras que los contadores de chorro único y múltiple son de tipo velocidad,

Según Corcho F. y Duque J (2005) los medidores más usados en acometidas domiciliarias (micromedidores) son de chorro único debido a la gran precisión que ofrecen en relación a su precio (\$35 aproximadamente para diámetros de ½ pulgada). Estos artefactos poseen una cápsula de registro sellada herméticamente, la cual puede ser calibrada externamente, su diseño produce bajas pérdidas de carga y permite reparaciones y cambio de piezas internas, además, son resistentes a la corrosión. (Comisión Nacional del Agua, 2015).

Bermad Control Valves (2006) indica que los medidores de chorro único registran magnéticamente el movimiento de una turbina que gira para permitir el paso del fluido; y que sus condiciones de trabajo son temperaturas de hasta 50 °C, presiones no mayores a 100 mca e instalación horizontal.

Según Corcho F. y Duque J (2005) los medidores más usados en líneas de conducción y alimentación de redes de distribución (macromedidores) son de chorro múltiple ya que pueden operar en sistemas adversos y resisten a la intemperie. Poseen una capsula de registro sellada herméticamente, la cual puede ser calibrada externamente, poseen un filtro en su entrada y detectores de fugas, además de un vidrio de alta resistencia a las rayaduras y una válvula interna antiretorno. (Comisión Nacional del Agua, 2015).

Bermad Control Valves (2006) indica que los medidores de chorro único registran mecánicamente el movimiento de una turbina que gira para permitir el paso del fluido; y que sus condiciones de trabajo son temperaturas de hasta 50 °C, presiones no mayores a 120 mca e instalación horizontal.

3.1.4. Pérdidas de agua.

Las pérdidas de agua potable se clasifican en técnicas y comerciales. (Lambert y Hirner, 2000).

3.1.4.1. Pérdidas técnicas.

Las pérdidas técnicas son aquellas que ocurren en la trayectoria descrita por el agua hasta llegar al consumidor, pudiendo ser ocasionadas por fugas y roturas en la red de distribución. (Lambert y Hirner, 2000).

Se ha demostrado que las fugas de agua potable son directamente proporcionales a los niveles de presión existentes en la tubería que la transporta; es decir, presiones altas producen un mayor porcentaje de fugas y viceversa, por lo que es recomendable controlar el nivel de presiones existentes en la red de distribución instalando válvulas y accesorios encargados de reducirlas o a su vez reubicar tanques de almacenamiento en cotas inferiores cuando se evidencie altos rangos de presión (Tzatchkov, Alcocer, Bourguett y Arreguín, 2014).

López P. (2010) plantea que con la finalidad de estimar el nivel de pérdidas es necesario registrar el volumen total de agua potable suministrado a la red de distribución implementando un macromedidor en su línea de descarga e instalar micromedidores en todas y cada una de las acometidas existentes, con la finalidad de llevar un registro del consumo de cada usuario; de esta forma la variación de registros entre el macromedidor y la sumatoria de todos los micromedidores, se deberán a pérdidas en la red de distribución y conexiones domiciliarias. El mismo autor también menciona que las pérdidas en la red de distribución se deben a la rotura de tubos, corrosión y juntas defectuosas.

Ochoa L. y Bourguett O. (2001) enfatizan que la reducción de pérdidas es un proceso efectivo y relativamente económico en etapas iniciales, sin embargo, pierde efectividad conforme el porcentaje de pérdidas disminuye debido a que la localización de pérdidas y fallas se vuelve difícil, siendo necesaria una inversión económica cada vez mayor. Recomienda realizar este proceso siempre y cuando la relación beneficio/costo sea mayor a uno.

Rebollo J. (2012) nombra los siguientes efectos negativos que traen consigo las fugas en la red de distribución:

- Representan pérdidas económicas para la empresa encargada de la distribución de agua potable.
- Pueden infiltrarse agentes nocivos para la salud de los usuarios en el caso de no ser detectadas a tiempo.
- Los cortes del suministro de agua potable realizados para reparar las fugas localizadas suponen molestias para los usuarios.
- Provocan caídas de presión en la red de distribución.

En Ecuador el Índice de Agua no Contabilizada (IANC) alcanza un promedio de 65%, sin embargo, las ciudades de Cuenca, Quito e Ibarra han demostrado controlar sus niveles de pérdida de agua potable de mejor manera, logrando reducir estos índices a 29%, 33% y 35% respectivamente. (Castillo, 2014).

3.1.4.2. Pérdidas comerciales.

Las pérdidas comerciales son causadas por los consumos en conexiones clandestinas, conexiones públicas y todos los tipos de imprecisión relacionada con macro y micromedición de consumos que llevan a una estimación errónea de pérdidas. (Lambert A. y Hirner W. 2000).

Las conexiones clandestinas o no autorizadas consumen un volumen de agua producida que no puede ser facturada, representando pérdidas comerciales. (GIZ & VAG, 2009). Esto también puede producirse cuando el usuario altera la acometida domiciliar implementando un bypass. (Albarrán, 1997).

El volumen de agua empleado para fines públicos, tales como: hidrantes para incendios, limpieza de calles y edificios públicos, riego de áreas verdes públicas, mantenimiento de alcantarillados y redes de distribución, se consideran como pérdidas comerciales. (Albarrán, 1997).

Según la Comisión Nacional del Agua (2015), las pérdidas comerciales en predios domiciliarios también se deben a errores de cuota fija en acometidas que no disponen de aparatos de medición, desperdicios en acometidas en donde no se toman lecturas en los períodos establecidos, submedición debido al uso de cisternas con control de llenado y submedición debido al mal estado del medidor.

La EPMAPA-S con el objetivo de reducir las pérdidas comerciales ocasionadas por la imprecisión de los instrumentos de medición instaladas especialmente en acometidas

domiciliarias, ha adoptado la norma ISO 4064-1 (2014) la cual establece que los medidores no deberán sobrepasar valores para macromedición y micromedición de +/- 5% hasta caudales de hasta 120 l/h y valores de +/-2% para caudales mayores a 120 l/h.

Ochoa L. y Bourguett O. (2001) sugieren que el mal estado de medidores y fugas en acometidas domiciliarias se deben a la mala calidad de materiales utilizados y al incumplimiento de las normas de construcción establecidas.

3.2. Redes de distribución de agua potable.

“La función primaria de un sistema de distribución es proveer agua potable a los usuarios entre los que deben incluirse, además de las viviendas, los servicios públicos, los comerciales y los de la pequeña industria” (CPE-INEN 005-9-1, 1992, p.178).

El desempeño de una red de distribución depende directamente del correcto funcionamiento de los componentes que conforman el sistema de abastecimiento: captación, línea de conducción, planta de tratamiento, reserva. (Arocha, 1977).

Para iniciar el proceso de diseño de una red de distribución de agua potable el CPE-INEN 005-9-1. (1992) recomienda contar previamente con la siguiente información:

- Levantamiento topográfico.
- Geología del lugar.
- Evaluación de redes de distribución existentes.
- Ubicación de industrias y sectores de alta demanda.
- Requerimientos de caudal.

Arocha S. (1977) enfatiza que una red de distribución debe prestar un servicio eficiente a lo largo de su vida útil, por lo que su diseño debe estar basado en la condición más desfavorable (caudal de diseño), la misma que se ha fijado como el caudal máximo horario (QMH) o a su vez la sumatoria del caudal máximo diario (QMD) más el caudal para incendio. Según el CPE-INEN 005-9-1 (1992) el caudal máximo diario (QMD) y el caudal máximo horario (QMH) se determinan con factores que respectivamente son de 1,3 a 1,5 y de 2 a 2,3 veces el caudal medio diario (qmd), el cual obedece a la siguiente ecuación:

$$qmd = \frac{D * N}{86400} \quad (2)$$

En donde:

qmd = caudal medio diario, l/s
D = dotación de agua potable del sector, l/hab/día.
N = Número de habitantes del sector.

La misma norma respecto al caudal de incendios proporciona la siguiente tabla que está en función del número de habitantes e incendios simultáneos del lugar.

Tabla 5: Caudal de incendios

Número de habitantes (en miles)	Número de incendios simultáneos	Caudal de incendio (l/s)
5	1	10
10	1	10
25	2	10
50	2	20
100	2	25
200	3	25
500	3	25
1000	3	25
2000	3	25

Nota: Tomada de CPE-INEN 005-9-1. (1992).

3.2.1. Concepción y diseño de redes.

Los tanques de reserva cumplen propósitos fundamentales para el funcionamiento eficiente de una red de distribución, ya que compensan las variaciones de consumos producidos a través del día, mantienen las presiones de servicio y aportan un volumen de agua para atender situaciones de emergencia. Arocha S. (1977) recomienda ubicarlos en cotas que permitan un rango de presiones dentro de los límites de servicio (de 10 mca a 50 mca según lo recomendado en el CPE-INEN 005-9-1) y dimensionarlos con una capacidad suficiente para atender la demanda de agua potable, sus variaciones horarias y posibles emergencias para incendios.

La malla de la red de distribución deberá acoplarse a la topografía del lugar, considerando un trazado ramificado en áreas rurales pequeñas con densidades poblacionales reducidas, mientras que trazados total o parcialmente cerrados (circuitos) en zonas urbanas en donde la densidad poblacional es mayor; trazados ramificados tienen una gran desventaja en escenarios de mantenimiento, en el que arreglar o reemplazar una tubería deteriorada pondrá fuera de servicio a todos los usuarios ubicados aguas abajo (Ostafe G. & Sarbu I. 2014).

Una vez concebida la malla de la red de distribución es necesario asignar un caudal a cada uno de sus nudos. Para lograrlo Arocha S. (1977) propone el método de las áreas, el cual define una demanda unitaria a partir de la relación del caudal de diseño y de las áreas de influencia de

cada nodo de la red de distribución y explica el siguiente procedimiento, el cual se representa en la figura 7:

1. Enumerar los nudos existentes ($n1, n2, n3, \dots, n8$) y delimitar el área de influencia de la red de distribución.
2. Formar polígonos trazando mediatrices en los tramos y calcular el área de influencia de cada nudo ($A1, A2, A3, \dots, A8$).
3. Conociendo el caudal de diseño ($Q, l/s$), calcular la demanda unitaria ($Q/\Sigma A, l/s/Ha$) dividiéndola para el área de influencia total del sector a ser abastecido ($\Sigma A, Ha$).
4. Calcular los caudales de aporte en los nudos multiplicando la demanda unitaria por el área de influencia del nudo respectivo ($Q/\Sigma A * A1, Q/\Sigma A * A2, Q/\Sigma A * A3, \dots, Q/\Sigma A * A8$).

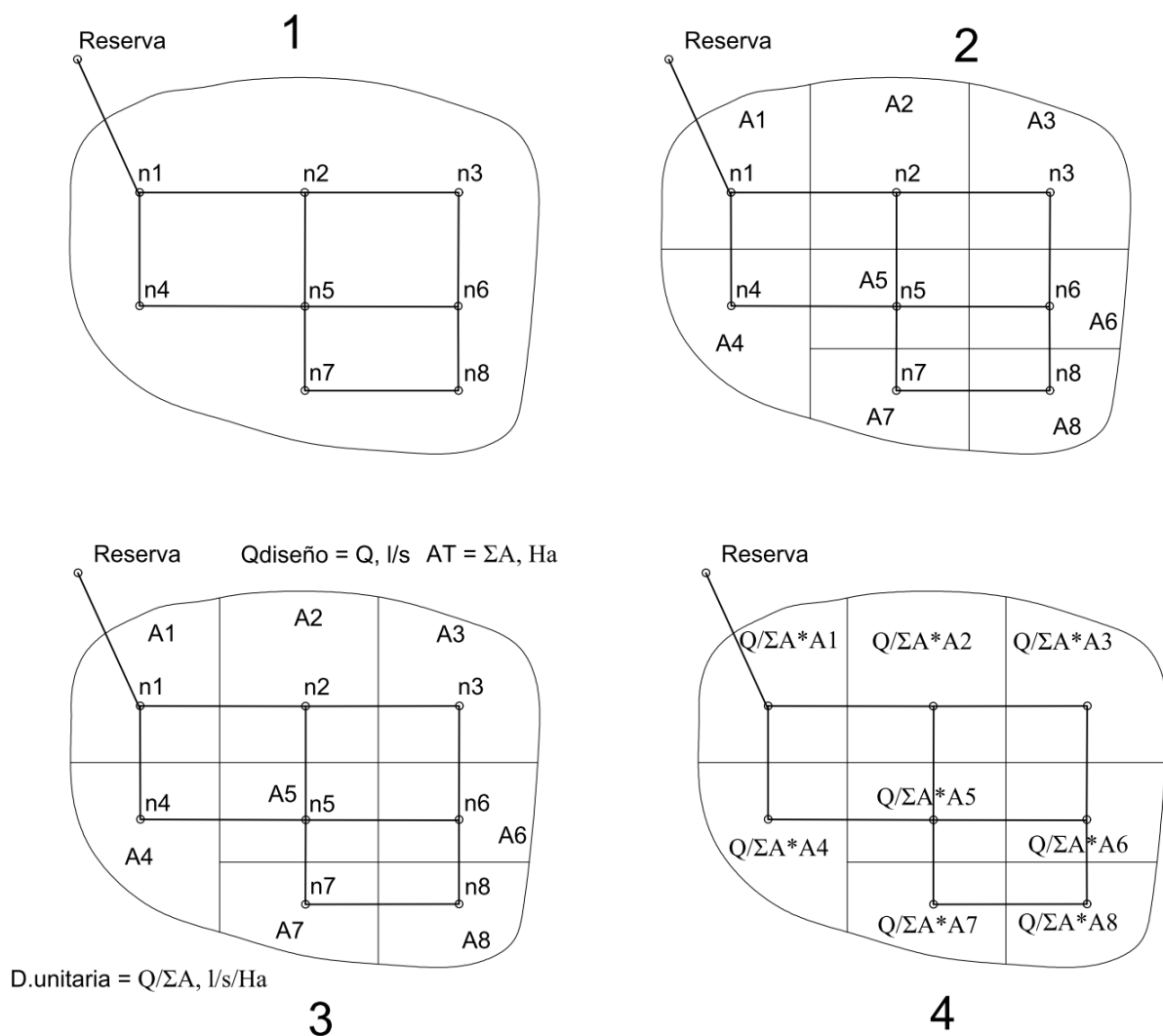


Figura 7: Procedimiento del método de áreas propuesto por Arocha S. (1977).

Para el dimensionamiento de la red de distribución Arocha S. (1977) recomienda imponer diámetros de tubería en cada tramo para luego calibrarlos con métodos de análisis hidráulico o programas computacionales en conjunto con la información recaudada previamente hasta satisfacer criterios de presión y economía. Corcho F. y Duque J. (2005) mencionan los siguientes métodos para el dimensionamiento de una red de distribución: método de superficie de energía, método del gradiente hidráulico y el método de Hardy – Cross; y los describen de la siguiente manera:

Método de superficie de energía: permite calcular directamente el diámetro de tubería necesario en cada tramo de la red para satisfacer las propiedades de presión deseadas, conociendo las cotas y caudales de aporte de los nudos que conforman la red de distribución, empleando el siguiente procedimiento:

1. Estimar el valor de presión de servicio resultante en cada uno de los nudos.
2. Predecir el sentido del flujo a través de las tuberías. considerando que el fluido se desplaza desde niveles de mayor energía hacia niveles de menor energía.
3. Localizar los nudos inferiores, es decir, los ubicados en las cotas más bajas de la red de distribución.
4. Distribuir el caudal de entrada de los nudos, en sus respectivas tuberías de salida, siguiendo el sentido del flujo definido en el paso 2.
5. Calcular las pérdidas de fricción, desde nudos inferiores, hacia nudos con mayor cota, siguiendo el sentido opuesto al del flujo definido en el paso 2 y distribuyendo los caudales de entrada a un nudo entre las tuberías de salida.

Debido a que la ecuación de Darcy-Weisbach es la única aplicable a diversos regímenes de trabajo, se la empleará para el cálculo de pérdidas de fricción. La ecuación es la siguiente:

$$h_f = \frac{8 * f * L * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} \quad (3)$$

En donde:

h_f = pérdidas por fricción en tubería.

L = longitud de tubería, m.

Q = caudal del fluido en la tubería, m^3/s .

g = gravedad, m/s^2 .

D = diámetro de la tubería, mm.

f = factor de fricción que depende del número de Reynolds y de la relación entre la rugosidad absoluta y el diámetro de la tubería.

Los diámetros de las tuberías deben conseguir que las pérdidas de fricción sean aproximadamente iguales a la diferencia de presión entre el nudo inicial y el nudo final, considerando que previamente los niveles de presión deseada en cada uno de los nudos ya fueron asignados. Este procedimiento debe ser aplicado de manera secuencial a todos los nudos de la red de distribución, el cual requiere de varios tanteos en los que será necesario variar los diámetros de tubería y la distribución de caudales en el paso 4 hasta encontrar una configuración satisfactoria.

Método del gradiente hidráulico: es un método basado en las ecuaciones de conservación de masa y energía en los nudos y circuitos que conforman la red de distribución. Considera las siguientes condiciones:

- El caudal que entra a un nudo es igual al caudal que sale del mismo nudo.
- Las pérdidas por fricción y el caudal de cada tramo de tubería tienen una relación no lineal.

Este método calcula los resultados a través de matrices, lo que le permite calibrar simultáneamente cargas de presión y caudales, evitando una gran cantidad de iteraciones para hallar una solución adecuada. No es necesario definir el sentido del flujo en los circuitos de la red de distribución. Para poder emplear este método es necesario conocer la cantidad de tuberías del sistema (NT), la cantidad de nudos de la red de distribución (NN) y la cantidad de reservorios o tanques de almacenamiento (NS).

Las ecuaciones empleadas en el método del gradiente hidráulico son las siguientes:

$$\{[A21]([N][A11])^{-1}[A12]\}[H_{i+1}] = -\{[A21]([N][A11])^{-1}([A11][Q_i] + [A10][H_0]) - ([A21][Q_i] - [q])\} \quad (4)$$

$$[Q_{i+1}] = \{[I] - ([N][A11])^{-1} - [A11]\}[Q_i] - \{([N][A11])^{-1}([A12][H_{i+1}] + [A10][H_0])\} \quad (5)$$

En donde:

$[A11]$ = Matriz diagonal NT x NT, que depende de las pérdidas de carga por fricción (hf) y de las pérdidas de carga menores (hm) en cada una de las tuberías del sistema, y se define de la siguiente manera:

$$[A11] = \begin{bmatrix} hf_1 + hm_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & hf_2 + hm_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & hf_3 + hm_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & . & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & hf_{NT} + hm_{NT} \end{bmatrix}$$

$[A11]'$ = Matriz diagonal NT x NT, que depende de las pérdidas de carga por fricción (hf) en cada una de las tuberías del sistema, y se define de la siguiente manera:

$$[A11]' = \begin{bmatrix} hf_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & hf_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & hf_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & . & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & hf_{NT} \end{bmatrix}$$

$[A12]$ = matriz NT x NN.

$[A21]$ = matriz transpuesta de $[A12]$.

$[N]$ = matriz con dimensión NT x NT

$[Q_i]$ = matriz del caudal supuesto en tuberías de la red, con dimensión NTx1.

$[Q_{i+1}]$ = matriz del caudal corregido en tuberías de la red, con dimensión NTx1.

$[H_{i+1}]$ = matriz de cabezas piezométrica en nudos, con dimensión NNx1.

$[q]$ = matriz del caudal de consumo en los nudos de la red, con dimensión NNx1.

$[A10]$ = matriz NT x NS.

$[Ho]$ = matriz de cabezas piezométrica en reservorios, con dimensión NSx1.

Los pasos a seguir para la aplicación de este método se indican a continuación:

- 1) Formar la matriz $[Q_i]$, suponiendo los caudales que circularan por cada una de las tuberías de la red de distribución.
- 2) Hallar la matriz $[H_{i+1}]$ resolviendo la ecuación 3.
- 3) Conociendo la matriz $[H_{i+1}]$, hallar la matriz $[Q_{i+1}]$ resolviendo la ecuación 4.
- 4) En el paso 2 reemplazar la matriz $[Q_i]$ por la matriz $[Q_{i+1}]$ y hallar la matriz $[H_{i+1}]$.
- 5) Repetir el procedimiento hasta que la matriz $[H_{i+1}]$ calculada en el paso 2 y en el paso 4 converja en dos ocasiones sucesivas.

Programas computacionales como EPANET 2.0 y WaterCAD V8i han adoptado este método para ejecutar sus cálculos según sus manuales de usuario EPANET 2 Users Manual (2000) y Bentley WaterCAD V8i User's Guide (2010) respectivamente.

Método de Hardy Cross: Es un método iterativo de comprobación de diseño ideado en 1936, que supone los caudales que circulan en los tramos de tubería de una red de distribución y la corrige progresivamente hasta encontrar una suposición correcta.

El método parte con una convención de signos, en la cual se ha fijado que el flujo que circula en sentido horario por un circuito será positivo (+), y negativo (-) el que circula en sentido antihorario. Se basa en dos principios hidráulicos, los cuales se explican en función del circuito cerrado de cuatro nudos que indica la figura 8

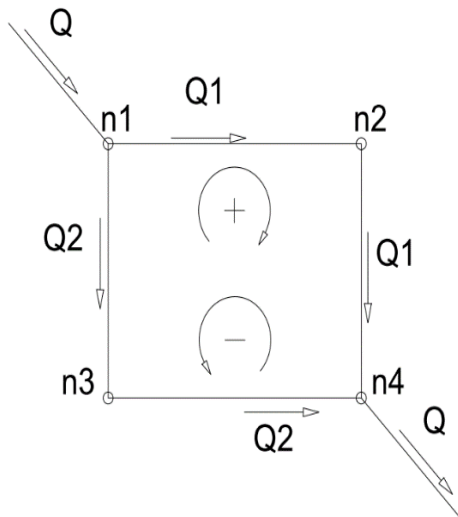


Figura 8: Circuito cerrado de 4 nudos.
Elaborado por el autor

1) El caudal que entra a un nudo es igual al caudal que sale del mismo nudo. Es decir, en $n1$ se cumple que $Q=Q1+Q2$ y en $n4$ se cumple que $Q1+Q2=Q$.

2) La suma algebraica de las pérdidas de carga en cada uno de los tramos que componen un circuito es nula. Es decir las pérdidas de carga $hf1$ producidas desde $n1$ a $n4$ con el caudal $Q1$ serán de igual magnitud que las pérdidas de carga $hf2$ producidas desde $n1$ a $n4$ con el caudal $Q2$. Entonces $hf1=hf2$, por lo tanto se tiene que $hf1-hf2=0$

Los pasos a seguir para la aplicación de este método son los siguientes:

- 1) Definir el trazado de la red de distribución, en donde se distinga claramente los nudos y circuitos que la conforman.
- 2) Suponer los diámetros de tubería de todos los tramos que conforman la red de distribución.
- 3) Conociendo el caudal de entrada a la red de distribución, distribuirlo a cada tramo de tubería considerando el principio hidráulico 1.
- 4) Calcular las pérdidas de carga en tramos de tubería que transportan el flujo en sentido horario, los cuales, según la convención de signos serán positivos.
- 5) Calcular las pérdidas de carga en tramos de tubería que transportan el flujo en sentido antihorario, los cuales, según la convención de signos serán negativos.
- 6) Realizar una suma algebraica de las pérdidas de carga calculadas.
- 7) Repetir el procedimiento desde el paso 3, hasta cumplir el principio hidráulico 2
- 8) Verificar presiones obtenidas.
- 9) En el caso de obtener un rango de presiones no deseado, repetir el procedimiento desde el paso 2 hasta obtener resultados satisfactorios.

3.2.2. Sectorización de redes de distribución.

La sectorización es un procedimiento que tiene el objetivo de facilitar la operación de redes de distribución, mejorar trabajos de mantenimiento sin la necesidad de suspender el servicio de agua potable a todos los usuarios conectados a ella y volver más sencillo el control de caudales suministrados, presión en tuberías y pérdidas de agua (Sandoval et al 2016).

Tzatchkov et al (2014) recalcan el gran aporte de una sectorización en la reducción de pérdidas de agua potable, puesto que el área de localización de fugas se reduce considerablemente y facilita este proceso; además, conociendo la estrecha relación entre pérdidas de agua potable con presiones altas existentes en tuberías, se puede realizar este proceso de manera puntual en sectores que muestren niveles considerablemente elevados de presión.

Sandoval, Ruiz, Flores y López (2016) se refieren a la sectorización como la producción de zonas de suministro autónomas, pero no independientes dentro de una red de distribución, empleando válvulas de corte o desconexiones para lograrlo. Tzatchkov et al (2014) mencionan que las zonas pueden ser independientes unas de otras en el caso de ciudades grandes que disponen de múltiples fuentes de abastecimiento en donde cada sector formado es alimentado por una fuente y no existen conexiones hidráulicas entre ellos, denominándolos Distritos Hidrométricos Independientes (i-DH); además sugieren el uso de válvulas de corte activadas permanentemente en las fronteras de cada sector frente a una desconexión de tubería, puesto que estas pueden ser manipuladas con el paso del tiempo para generar configuraciones distintas a la existente, sin embargo, representan un gasto económico mayor.

La figura 9 muestra un ejemplo de red de distribución sectorizada con válvulas de corte activadas permanentemente y la figura 10 muestra la misma red de distribución sectorizada con desconexiones de tubería.

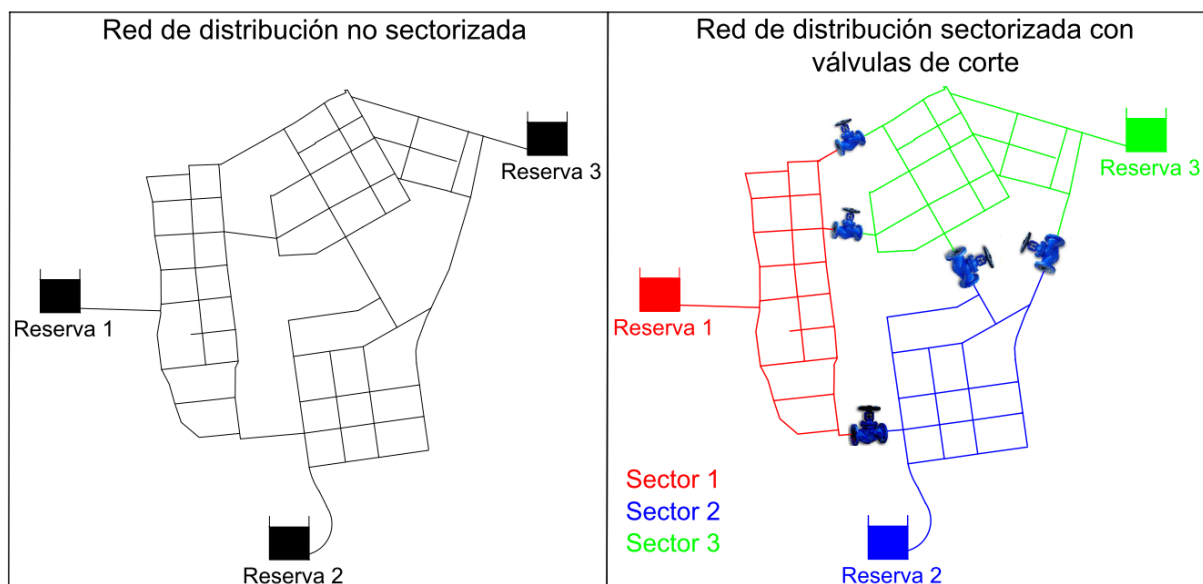


Figura 9: Sectorización con válvulas de corte activadas permanentemente. Elaborado por el autor.

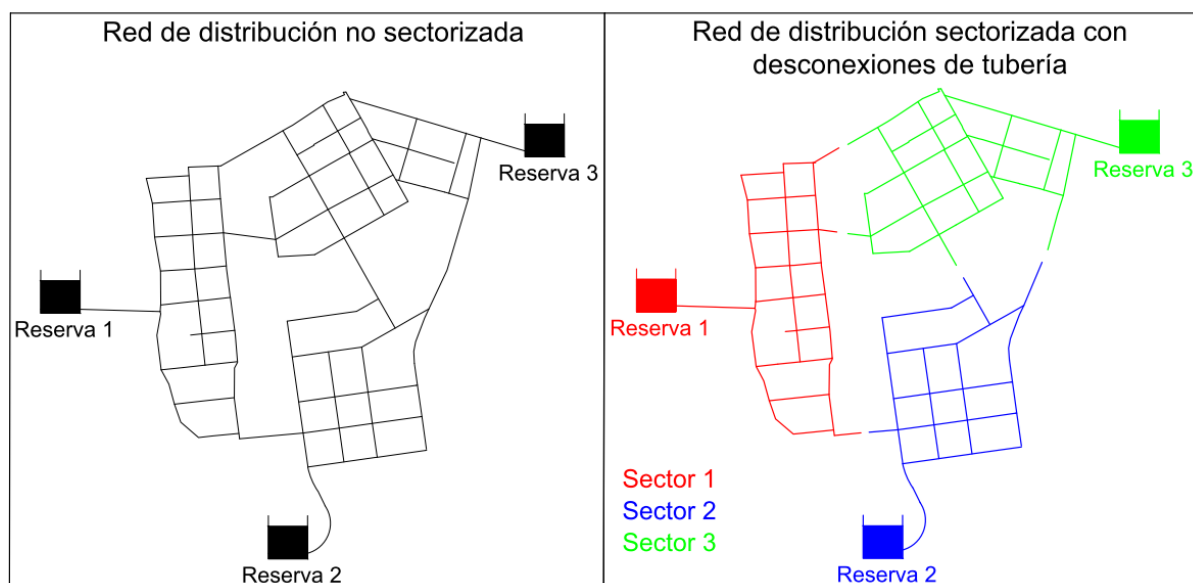


Figura 10: Sectorización con desconexiones de tubería. Elaborado por el autor.

Tzatchkov et al (2014) enfatizan que en el caso de redes de distribución en poblados rurales o en ciudades con limitadas fuentes de abastecimiento, uno o varios sectores no dispondrán de su propia fuente de abastecimiento a los cuales denomina Distritos Hidrométricos (DH) y deberán incorporarse a uno de los Distritos Hidrométricos Independientes (i-DH) creados o a su vez compartir la fuente de abastecimiento existente. La figura 11 muestra la sectorización de una red de distribución con una sola fuente de abastecimiento, en la cual se ha formado 3 sectores con válvulas de corte; el sector 1 se alimenta desde el tanque de reserva y los sectores 2 y 3 se alimentan desde el sector 1.

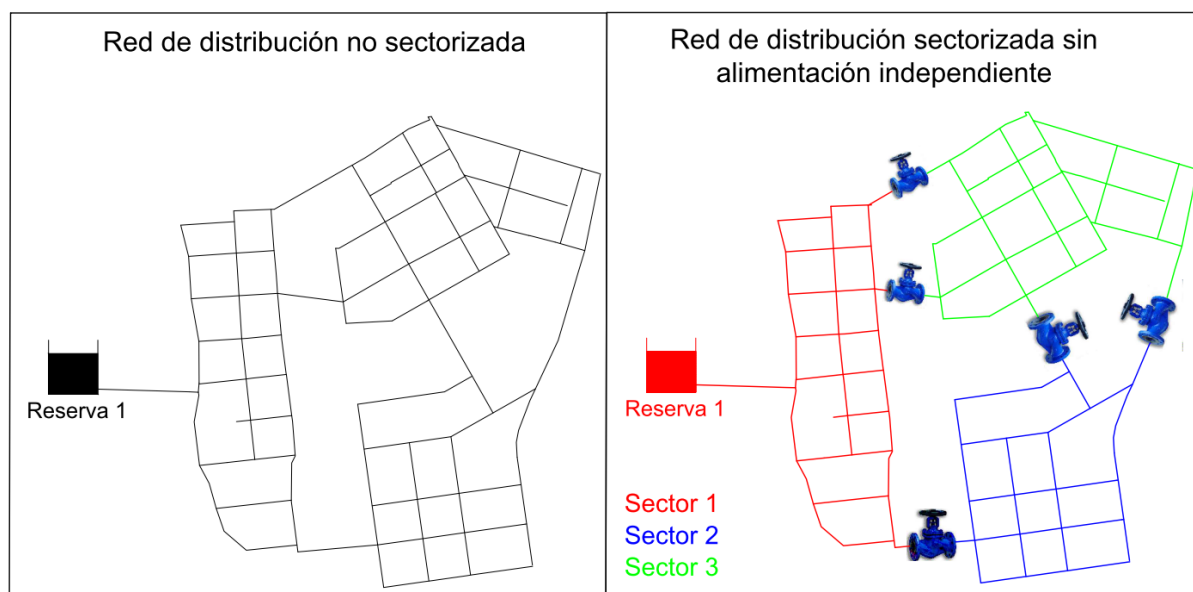


Figura 11: Sectorización de red de distribución con una fuente de abastecimiento. Elaborado por el autor.

López P. (2010) recomienda que las válvulas de corte se instalen en tramos en donde se necesite encauzar el flujo, sobre tuberías principales a una distancia entre 400 a 600 m y en tuberías secundarias en los puntos en donde estas se derivan de las principales. Además, aconseja dejar como previsión, preparaciones para conexiones de válvulas situadas convenientemente para que, en caso de requerirlo, se instalen nuevas o se cambien de sitio las existentes. Válvulas de mariposa se emplearán para diámetros de tubería mayores o iguales a 200mm y válvulas de compuerta se emplearán para diámetros menores a 200mm (Rebollo J. 2012).

La figura 12 muestra un ejemplo de sectorización de una red de distribución mixta, en donde se han instalado válvulas de corte en líneas secundarias para formar 3 sectores, los cuales se alimentan desde la línea principal.

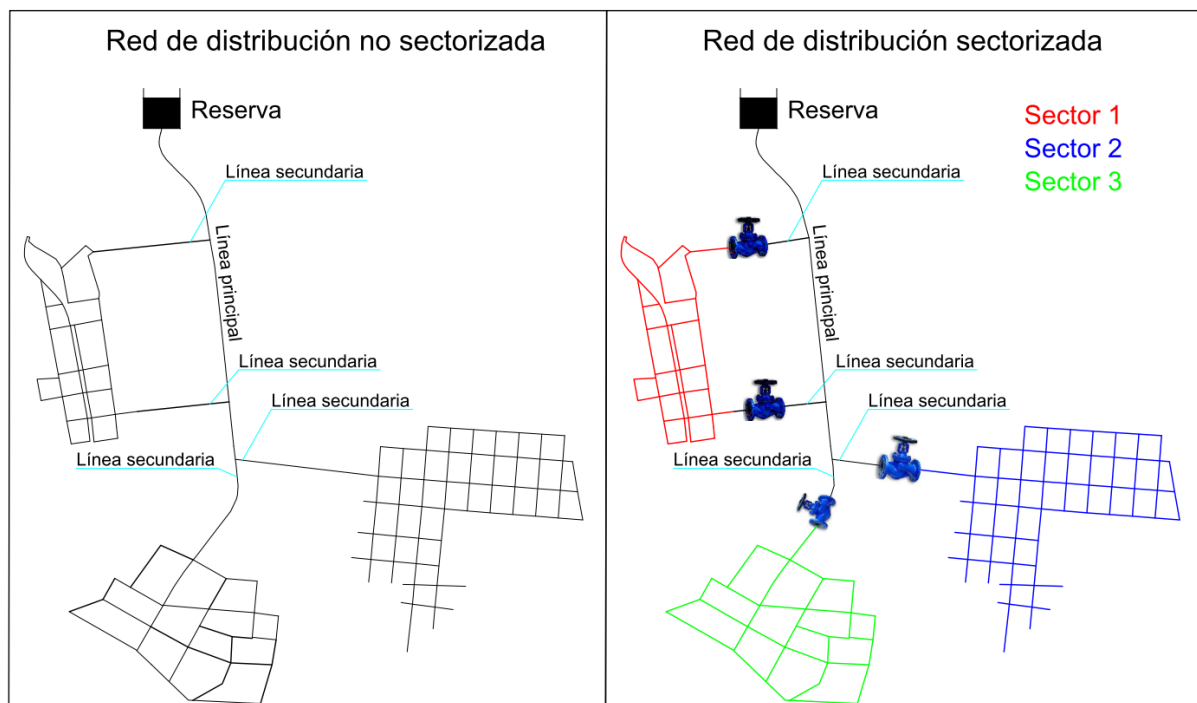


Figura 12: Sectorización de una red de distribución mixta. Elaborado por el autor.

Para analizar las alternativas de sectorización es de gran utilidad disponer de un modelo computacional que simule la situación actual y los efectos que ocasionan la sectorización propuesta para verificar el cumplimiento de condiciones de presión máxima y mínima. Estas propuestas generalmente son procedimientos de prueba y error, hasta encontrar una configuración exitosa, pudiendo existir una vasta cantidad de configuraciones satisfactorias inclusive en redes de distribución pequeñas.

3.2.3. Criterios de diseño.

El CPE-INEN 005-9-1 (1992) recomienda tomar en cuenta los criterios que se muestran a continuación para el diseño de redes de distribución:

- Período de diseño.

Respecto al período de diseño indica que “En general se considera que las obras de fácil ampliación deben tener períodos de diseño más cortos, mientras que las obras de gran envergadura o aquellas que sean de difícil ampliación, deben tener períodos de diseño más largos” (CPE-INEN 005-9-1, 1992, p.40); además, indica que el menor período de diseño es de 15 años.

- Caudal de diseño.

El caudal de diseño será el que ocasione el escenario más desfavorable, entre el caudal máximo horario o a su vez la sumatoria del caudal máximo diario más el caudal para incendios (numeral 4.2.3.1).

- Coeficientes de variación del consumo.

El coeficiente de variación del consumo para el QMD tendrá un rango de 1,3 a 1,5 y el QMH un rango de 2,0 a 2,3 (numeral 4.1.5).

- Requerimientos de presión.

Se establece 10 mca y 50 mca como presiones dinámicas mínima y máxima respectivamente; y adicionalmente un valor de 70 mca a no ser superado cuando el flujo de agua en el sistema se encuentre en estado estático (numeral 4.2.3.2)

- Requerimientos de diámetro de tuberías.

Se empleará el diámetro comercial de tubería más aproximado al determinado en los cálculos hidráulicos, siempre y cuando no estén destinados a conectarse con hidrantes; en tal caso, el diámetro mínimo de la tubería deberá ser correspondiente al diámetro mínimo con el que operan dichos accesorios (numeral 4.2.5.2)

- Requerimientos de velocidad.

“La velocidad dentro de las tuberías deberá, en lo posible, mantenerse alrededor de 1,5 m/s.” (CPE-INEN 005-9-1, 1992, p.178).

- Espaciamiento de válvulas de corte.

No se deberá emplear más de 8 válvulas de corte para la creación de un sector (numeral 4.2.6.2).

- Trazado.
Los tramos de tubería deberán formar mallas y evitar en lo posible la formación de ramales abiertos (numeral 4.2.5.1).
- Circuitos.
Los circuitos generados deberán tener en lo posible perímetros entre 500 m y 2.000 m (numeral 4.2.5.3).
- Protección de válvulas.
Considerar el alojamiento de válvulas con diámetros superiores a 350 mm dentro de estructuras de protección (numeral 4.2.6.3)
- Espaciamiento y ubicación de hidrantes.
El CPE-INEN 005-9-1 (1992) recomienda un rango de separación de hidrantes entre 200m y 300 m (numeral 4.2.4.4).
- Profundidad de excavación para instalación de tuberías.
Las tuberías deberán ser instaladas como mínimo a un metro de profundidad medido desde la superficie del terreno hasta la corona del tubo (numeral 4.2.8.1).
- Requerimientos de válvulas de aire.
“Se ubicarán válvulas de aire en los puntos en los que se necesite para el funcionamiento correcto de la red”. (CPE-INEN 005-9-1, 1992, p.179).
- Separación entre la red de distribución de agua potable y fuentes de contaminación.
Considerar al alcantarillado sanitario como la posible fuente de contaminación de agua potable transportada por la red de distribución, por tal fin, se recomienda una separación mínima de 3m horizontales y 30cm verticalmente entre sus superficies exteriores (numeral 4.2.8.1).
- Caudal de incendios.
Para poblaciones menores a 10.000 habitantes se empleará una boca de fuego con capacidad de 5 l/s. Para poblaciones mayores se empleará como guía la siguiente tabla.

Tabla 6: Caudal de incendios en función de hidrantes en uso simultáneo

Población futura (en miles)	Hidrantes en uso simultáneo (l/s)	Ubicación en la red
10 a 20	Uno de 12	Uno en el centro
20 a 40	Uno de 24	Uno en el centro
40 a 60	Dos de 24	Uno en el centro y otro en la periferia
60 a 120	Tres de 24	Dos en el centro y otro en la periferia
> 120	Cuatro de 24	Dos en el centro y dos en la periferia

- Vaciado de sectores.

El vaciado de los sectores será a través de hidrantes y en caso de no disponerlos, se instalarán válvulas de desagüe (numeral 4.2.6.2).

De manera complementaria, Sturm R. y Thornton J. (2005) y Ochoa L. y Bourguett O. (2001) plantean los siguientes criterios para sectorizar una red de distribución:

- Considerar de 1 a 5 sectores por cada 100 hectáreas.
- Cada sector debe acoplarse a la geometría de la red y ajustarse a las condiciones de operación actuales.
- Los nudos existentes deben ser abastecidos por la fuente de suministro más cercana.
- Los diámetros de tubería deberán seleccionarse intentando reducir al máximo el costo del suministro de agua potable.
- Controlar niveles y variación de presión dentro de cada sector.
- Válvulas de retención y reductoras de presión, se pueden emplear en los bordes de cada sector con el fin de obtener un gasto contra incendios extra cuando sea necesario.
- Las válvulas de cierre que separan un sector con otro, deben instalarse en las tuberías de menor diámetro.
- Tomar en cuenta que la desconexión de tramos de tubería puede generar el estancamiento de agua afectando su calidad.

3.2.4. Accesorios utilizados en red de distribución.

Rebollo J. (2012) se refiere a los accesorios de una tubería como: “el conjunto de elementos o piezas que se pueden unir a las tuberías para un fin concreto” (p.157). Adicionalmente Nazih K. y Lawrence K. (2015) argumentan que los accesorios que conforman una red de distribución son: válvulas, hidrantes y conexiones de tubería.

a) Válvulas.

Nazih K. y Lawrence K. (2015) mencionan los siguientes tipos de válvulas.

- Válvulas de cierre: son empleadas para obstruir o permitir el paso de fluidos a través de una compuerta, la cual tiene dos posiciones básicas: abierta o cerrada; pueden ser fabricadas en varios materiales, tales como: acero, bronce, hierro y PVC; son usadas debido a su fácil accesibilidad y gran durabilidad, sin embargo, poseen un gran tamaño y peso que dificulta su instalación y mantenimiento. (SC Fluids, 2010).

Su funcionamiento es por medio de un vástago el cual es accionado con una rueda externa para subir o bajar la compuerta; para subir la compuerta y abrir la válvula se debe girar la

rueda en sentido antihorario; girar la válvula en sentido horario bajará la compuerta y cerrará la válvula. (Especificación técnica de elementos de maniobra y control, 2012). La figura 13 presenta una válvula de cierre con su compuerta abierta y cerrada.

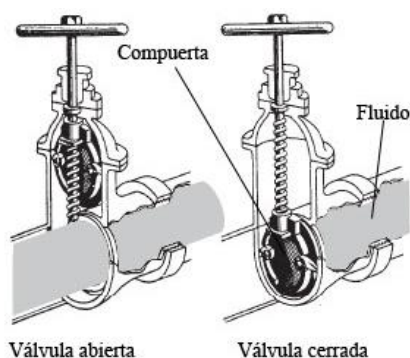


Figura 13: Válvula de cierre. Tomado de SC Fluids, 2010.

- Válvulas de purga: son válvulas que deben ser instaladas en los puntos más bajos de la red de distribución o conducción, con el propósito de expulsar los agentes contaminantes que se acumulan en las tuberías a través del tiempo; pueden ser de hierro fundido, acero inoxidable y acero al carbono; operan con presiones de hasta 160 mca con temperaturas máximas de 80 °C; deben ser accionadas cuando se perciba una reducción en la capacidad de conducción de la tubería del 10%. (Swagelok, 2012).

Pueden ser manuales o automáticas, al ser abiertas, el funcionamiento de ambas es bajo el mismo principio de dos etapas: en la primera etapa ingresa el fluido en una cámara y en la segunda se lo elimina con la misma presión generada en el sistema, a través de una compuerta. (Swagelok, 2012). La figura 14 muestra una válvula de purga manual, la cual dispone de una rueda externa que permite abrirla o cerrarla.

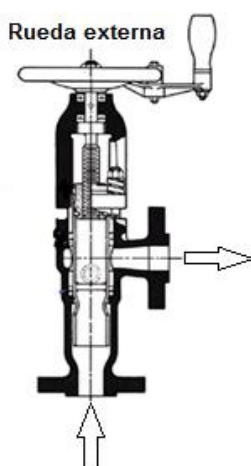


Figura 14: Válvula de purga manual. Tomado de Swagelok, 2012.

- Válvulas reductoras de presión: son válvulas empleadas para prevenir que las presiones generadas en redes de distribución y conducciones excedan los límites seguros de funcionamiento; funcionan con un vástago que reduce la presión, manteniéndola constante

aguas abajo; su mantenimiento es sencillo y son resistentes a la intemperie; su cuerpo es de hierro dúctil y sus piezas internas pueden ser de acero inoxidable y bronce; operan con temperaturas de hasta 80 °C. (Bermad Control Valves, 2006).

La válvula posee una restricción (1), que permite el paso del agua de manera constante a la cámara de control (2); el piloto (3) registra la presión aguas abajo y regula abertura del tapón V-Port (4) para controlar la presión deseada; en casos de turbulencia, la válvula de aguja (5) estabiliza el flujo entrante, permitiendo la regulación eficiente de presión; la llave (6) instalada aguas abajo permite el cierre o abertura manual de la válvula reductora de presión. (Romyspan, 2014). La figura 15 indica una válvula reductora de presión con los componentes descritos.

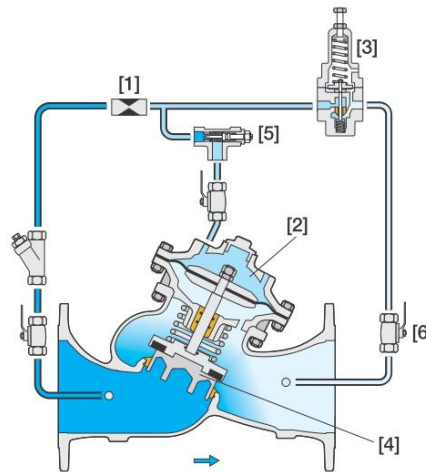


Figura 15: Válvula reductora de presión. Tomado de Bermad Control Valves, 2006.

- Válvulas sostenedoras de presión: son válvulas empleadas para mantener los niveles de presión aguas arriba de su ubicación en la red de distribución; pueden ser de hierro fundido, acero inoxidable, bronce y níquel aluminio; su presión mínima de trabajo es 7 mca y opera en rangos de velocidad de 0,1 m/s a 6,0 m/s con temperaturas de hasta 50 °C. (Bermad Control Valves, 2006).

La válvula es regulada por un piloto que percibe la presión aguas arriba, permitiendo la abertura de la válvula cuando es mayor a la deseada, para fijarla al nivel prefijado, y cerrándola cuando la presión es menor, dejando que el agua fluya a través de la tubería sin variar su presión. (Romyspan, 2014). La figura 16 indica una válvula sostenedora de presión con los componentes descritos.

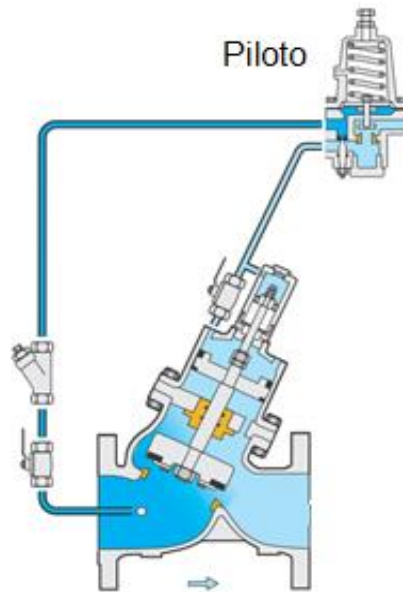


Figura 16: Válvulas sostenedoras de presión. Tomado de Bermad Control Valves, 2006.

- Válvulas reguladoras de flujo: limitan el caudal a un valor y sentido específicos, sin alterar los caudales y presiones producidos dentro del sistema de abastecimiento o conducción; pueden ser de acero inoxidable, hierro dúctil y latón; operan a temperaturas de hasta 70 °C y a una presión máxima de 160 mca. (Honeywell, 2008).

Su funcionamiento es por medio de una válvula aguja, la cual se abre o se cierra permitiendo la salida de agua con un caudal específico; el rango de su apertura depende del flujo que transita por el sistema, es decir, si el caudal es más alto que el deseado, esta válvula se cerrará progresivamente hasta obtener el flujo para el que esta calibrada, pero si el caudal en el sistema es más bajo que el deseado, la válvula se abrirá completamente permitiendo el paso del fluido de manera libre. (Honeywell, 2008). La figura 17 indica una válvula reguladora de flujo con los componentes descritos.

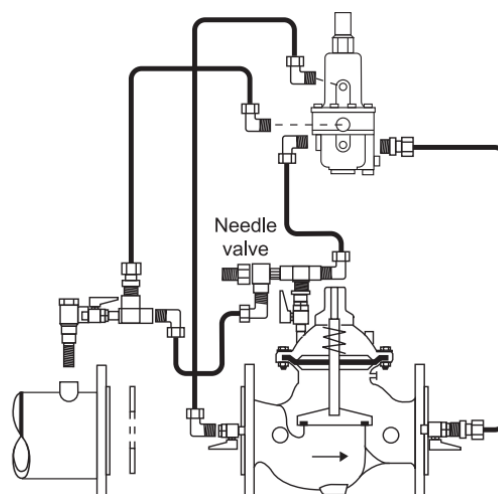


Figura 17: Válvula reguladora de flujo. Tomado de Honeywell, 2008.

b) Conexiones de tubería.

Rebollo J. (2012) describe las siguientes conexiones de tubería:

- Codos: son accesorios empleados para cambiar la dirección del flujo, pudiendo ser de 45, 90 y 180 grados.
- Tees: son accesorios que sirven para combinar o dividir el flujo de dos tramos independientes de tubería.
- Reductores: son accesorios que permiten acoplar tuberías de diferente sección.
- Cruces: son accesorios que permiten la intersección de 4 tubos perpendicularmente.

c) Hidrantes.

Nazih K y Lawrence K. (2015) indican que son accesorios diseñados para proveer un caudal de hasta 1000 l/min a gran presión en eventos de emergencia (incendios).

Posee una llave de paso y un empaque de hule que impide la salida del agua, al ser abierta la llave de paso, el empaque de hule asciende para permitir el paso del agua hasta la abertura principal, en donde el agua es expulsada. Para su funcionamiento necesita una presión mínima de 15 mca; son fabricados en hierro fundido, acero inoxidable y latón. (Profuego, 2016). La figura 18 indica un hidrante con los componentes descritos.

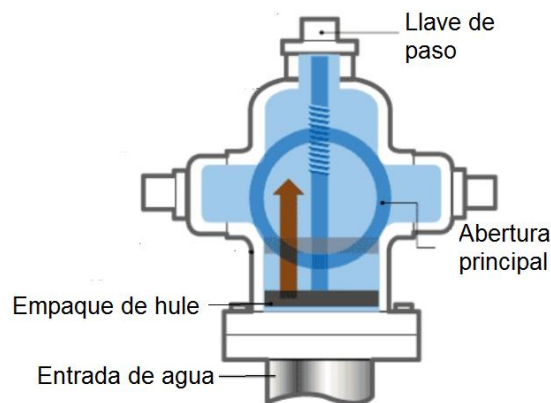


Figura 18: Hidrante. Tomado de Profuego, 2016.

4. INVESTIGACIÓN DE CONSUMOS.

4.1. Medición de campo.

4.1.1. Sitios de medición.

Para la obtención del consumo diario de agua potable, se realizó observación directa en medidores domiciliarios ubicados en el área urbana de la ciudad. Los sitios de lectura debieron cumplir criterios de presión adecuada, servicio las 24 horas del día y buen estado del medidor. La EPMAPA-S seleccionó los sectores de la ciudad que presentaban niveles de servicio adecuados para realizar la medición de campo, en donde se escogieron 30 medidores y se solicitó el permiso respectivo de los usuarios antes de iniciar el procedimiento.

4.1.2. Lecturas de campo.

La investigación de campo se realizó durante 3 semanas consecutivas desde el lunes 20 de febrero del 2017 hasta el domingo 12 de marzo del 2017 y consistió en realizar lecturas diarias a la misma hora de los consumos registrados por cada medidor domiciliario, para estimar posteriormente el consumo diario promedio por habitante conociendo el número de personas que residen en cada hogar. En dicho período se recolectaron 21 lecturas que permitieron estimar 20 consumos diarios de agua potable por hogar.

Para lograr un período de 24 horas entre lecturas, estas se realizaron a la misma hora en cada usuario, a partir de las 18h00, siguiendo un recorrido previamente programado con la finalidad de optimizar el tiempo necesario para cubrirlas. En la figura 19 se presenta la ubicación general de los sitios de lectura (el anexo 3 los indica a mayor escala), el anexo 4 recopila las lecturas obtenidas en cada uno de los medidores seleccionados y la tabla 7 presenta información general de los usuarios domiciliarios seleccionados para lecturas.

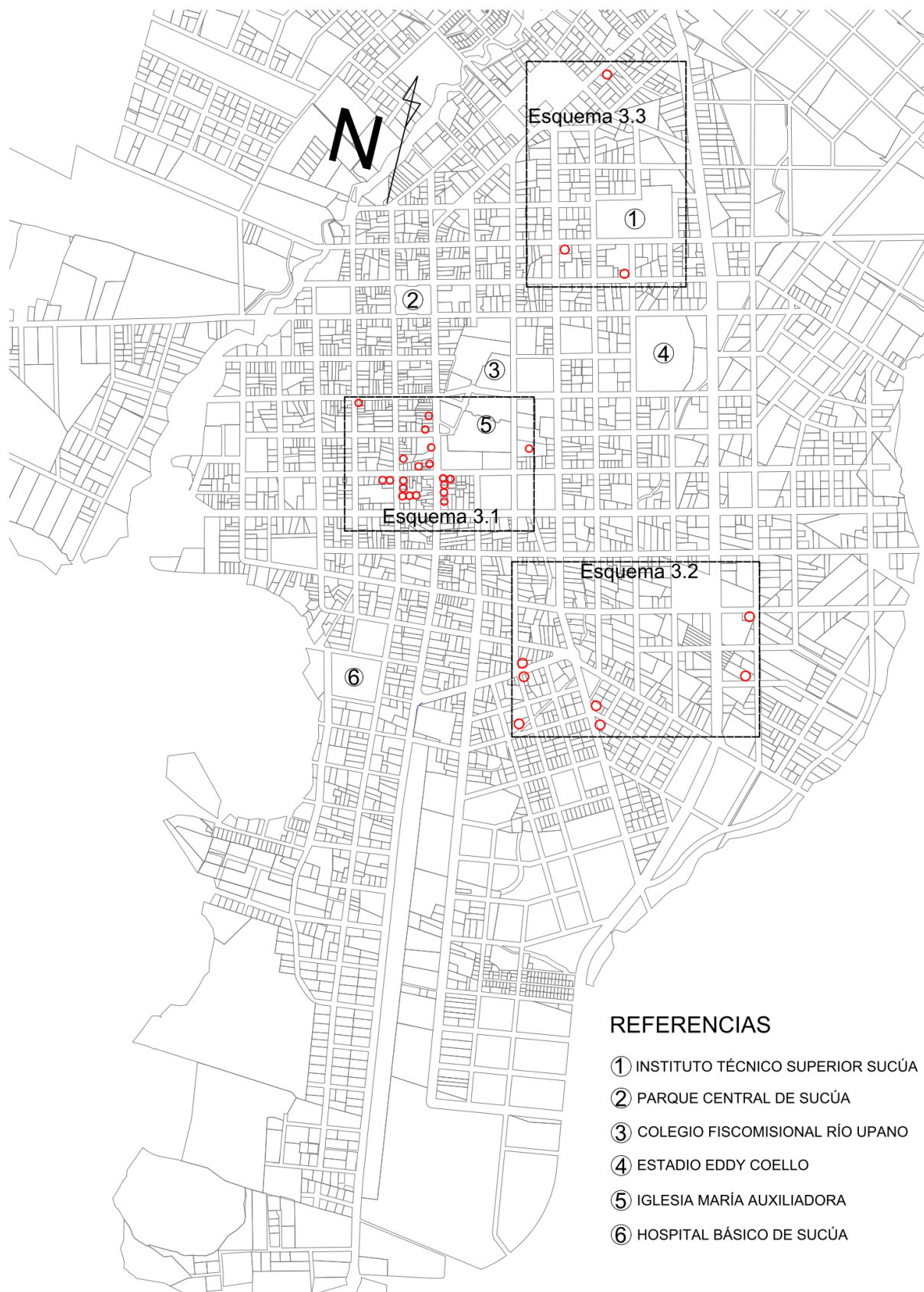


Figura 19: Ubicación general de los sitios de lectura. Elaborado por el autor.

Tabla 7: Información general de usuarios domiciliarios seleccionados para lecturas.

Usuario	Orden de lectura en el recorrido	Número medidor	Nombre del usuario	Dirección	Habitantes
U1	8	051094511	Aguirre Patiño Santiago Teodoro	Domingo Comín y Victorino Abarca	2
U2	2	080995	Amaya Rodas Teresa de Jesús	Noemí Brito y Flor García	5
U3	25	150513422	Arias Cárdenas Carlos Vinicio	Edmundo Carvajal y Victorino Abarca	4
U4	14	050766520	Ávila Durán Edgar Román	Domingo Comín y 12 de Febrero	7
U5	19	051093165	Barrera Mendoza Zoila Matilde	Victorino Abarca y Edmundo Carvajal	4
U6	20	028144	Cali Oleas Gabriel Eduardo	Victorino Abarca y Edmundo Carvajal	3
U7	1	005239	Cárdenas Delgado Néstor Efraín	Noemí Brito y Rosendo Torres	4
U8	22	115761610	Cárdenas Piña Hugo Geovany	Edmundo Carvajal y Victorino Abarca	4
U9	23	1108034078	Cárdenas Piña Lilian Berónica	Edmundo Carvajal y Victorino Abarca	4
U10	24	090573782	Cárdenas Piña María Faviola	Edmundo Carvajal y Victorino Abarca	3
U11	17	050766658	Garzón Córdova Miguel Ángel	Enrique Arízaga y 8 de Diciembre	2
U12	18	050766448	González Andrade Flor María	Victorino Abarca y Edmundo Carvajal	4
U13	4	051093014	Gutiérrez Loja Ángel Florencio	Av. Oriental y Julio Solís	4
U14	15	050765537	Gutiérrez Román Germán Vitervo	Domingo Comín y 12 de Febrero	3
U15	5	128690	Iglesia gnóstica Samael Weor	Julio Solís y María Troncatti	2
U16	27	50766516	Lituma Mosquera Manuel Montufar	María Troncatti y Victorino Abarca	3
U17	26	1108035467	Maza Pasaca Segundo Miguel	Victorino Abarca y Domingo Comín	4
U18	7	50765896	Orellana Sinche Julia Edelmira	Av. Miguel Ficke y María Troncatti	3
U19	29	050765731	Rubio Peñaranda Adriana Magdalena	Av. Oriental y Efren Zúñiga	3
U20	30	050766040	Shicay Yanza Wilma Yolanda	Av. Carlos Julio Arosemena y José Hernández	4
U21	16	050978	Suárez Brito Miguel Antonio	Av. Domingo Comín y 12 de Febrero	3
U22	3	050466	Tankamash Jempekat Mónica Janira	Julio Solís y María Troncatti	8
U23	9	051094518	Tapia Tapia María Tarcila	Domingo Comín y Victorino Abarca	6
U24	13	050765939	Torres Calle Esther Carmela	Domingo Comín y Victorino Abarca	1
U25	12	050766449	Yáñez Lahuate Hilda Beatriz	Victorino Abarca y Domingo Comín	5
U26	11	060578782	Yáñez Lahuate Melida Elizabeth	Domingo Comín y Victorino Abarca	4
U27	28	050766023	Yáñez Lahuate Miriam Mardela	Pastor Bernal y Benigno Abarca	1
U28	10	50766058	Yáñez Lahuate Rosa Edith	Domingo Comín y Victorino Abarca	2
U29	6	284041	Yanza Orellana Diego Fernando	Miguel Ángel Fique y María Troncatti	2
U30	21	1106034075	Zúñiga Cárdenas Carla Lisbeth	Edmundo Carvajal y Victorino Abarca	2

4.2. Análisis de consumos basados en registros municipales.

La base de datos de la EPMAPA-S se almacena en documentos impresos desde que el servicio de agua potable en la ciudad de Sucúa fue implementado; estos documentos cuentan con respaldos digitales (archivos con extensión .xlsx) desde hace aproximadamente 20 años.

Con la finalidad de obtener resultados del consumo diario de agua potable basado en los registros municipales, se analizaron los registros de consumos mensuales desde enero del 2010 hasta diciembre del 2017, proporcionados por la EPMAPA-S. Dichos registros, debido a la combinación de las redes de distribución de Sucúa y Santa Marianita de Jesús en mayo del 2016 (como se explicó en el capítulo 2), contemplan información netamente de Sucúa hasta abril del año 2016, y de Sucúa y Santa Marianita de Jesús a partir de mayo del mismo año.

4.2.1. Tipificación de medidores.

La EPMAPA-S clasifica los medidores de Sucúa y Santa Marianita de Jesús como: instalados, suspendidos por falta de pago y sin consumos.

a) Medidores instalados.

Es la cantidad total de medidores instalados. El número de medidores instalados es ascendente debido al crecimiento poblacional de la ciudad de Sucúa. Se observa la instalación de hasta 10 medidores cada mes en el período analizado de ocho años; durante la ampliación de la red de distribución en septiembre del 2010, se observa la instalación de 296 medidores nuevos; y, en mayo del 2016, mes en el cual se fusionó la red de distribución de la ciudad de Sucúa y de la parroquia de Santa Marianita de Jesús, se registró un incremento de 667 medidores. El incremento de medidores fuera de los rangos mencionados se debe a campañas realizadas por la EPMAPA-S que buscan integrar nuevos usuarios, ofreciendo tarifas o descuentos económicos accesibles en zonas rurales de Sucúa. La tabla 8 recopila la información mencionada de medidores instalados.

Tabla 8: Medidores instalados en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	2.348	2.724	2.845	2.967	3.078	3.200	3.328	4.125
Febrero	2.354	2.729	2.851	2.974	3.086	3.208	3.335	4.131
Marzo	2.361	2.735	2.860	2.981	3.095	3.216	3.343	4.139
Abril	2.368	2.743	2.868	2.989	3.103	3.224	3.351	4.148
Mayo	2.374	2.750	2.911	3.019	3.110	3.231	4.018	4.158
Junio	2.381	2.757	2.915	3.026	3.153	3.276	4.027	4.167
Julio	2.388	2.798	2.923	3.033	3.160	3.285	4.071	4.178
Agosto	2.395	2.806	2.930	3.041	3.168	3.293	4.081	4.186
Septiembre	2.691	2.816	2.938	3.049	3.176	3.300	4.090	4.197
Octubre	2.700	2.825	2.946	3.055	3.183	3.307	4.098	4.209
Noviembre	2.708	2.832	2.953	3.062	3.188	3.315	4.109	4.220
Diciembre	2.716	2.839	2.960	3.069	3.192	3.323	4.119	4.228
Promedio Anual	2.482	2.780	2.908	3.022	3.141	3.265	3.831	4.174

Nota: Basada en EPMAPA-S, 2017.

b) Medidores suspendidos por falta de pago.

Es la cantidad de medidores suspendidos o desconectados por falta de pago en el mes de referencia. Se registra un aumento anual del promedio de medidores suspendidos entre 2 a 4 unidades. La tabla 9 recopila la información de medidores suspendidos por falta de pago.

Tabla 9: Medidores suspendidos por falta de pago en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	39	45	46	48	51	53	57	67
Febrero	38	45	45	49	52	54	57	64
Marzo	37	44	46	49	52	55	58	64
Abril	38	46	45	48	50	53	57	64
Mayo	38	45	47	51	51	55	67	68
Junio	37	46	47	50	54	59	68	66
Julio	38	45	48	51	54	58	67	70
Agosto	38	47	47	52	53	58	68	68
Septiembre	47	46	48	51	53	57	67	69
Octubre	47	46	49	50	54	58	64	71
Noviembre	46	45	50	51	55	59	64	70
Diciembre	45	44	49	52	54	58	67	69
Promedio Anual	41	45	47	50	53	56	63	68

Nota: Basada en EPMAPA-S, 2017.

c) Medidores sin consumo.

Es la cantidad de medidores que mostraron un consumo nulo de agua potable en el mes de referencia. Corresponden generalmente a lotes de terreno vacíos de zonas rurales, en donde sus propietarios decidieron instalarlos previendo una posible construcción futura. La tabla 10 recopila la información de medidores sin consumo.

Tabla 10: Medidores sin consumo en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	127	139	148	157	165	178	191	257
Febrero	129	140	149	156	165	179	188	257
Marzo	130	141	148	156	166	177	188	259
Abril	129	139	149	157	168	179	191	258
Mayo	128	139	158	161	169	179	249	258
Junio	129	139	159	162	173	184	250	259
Julio	130	145	157	161	172	186	253	260
Agosto	130	145	158	160	173	186	256	262
Septiembre	140	146	158	162	174	188	257	262
Octubre	136	146	158	165	176	187	259	262
Noviembre	139	147	156	166	177	188	259	263
Diciembre	139	148	157	164	179	189	260	262
Promedio Anual	132	143	155	161	171	183	233	260

Nota: Basada en EPMAPA-S, 2017.

4.2.2. Tipificación de usuarios.

La EPMAPA-S clasifica los usuarios de Sucúa y Santa Marianita de Jesús como: domiciliarios activos y no domiciliarios.

a) Usuarios domiciliarios activos.

Son los usuarios domésticos conectados a la red de distribución que consumieron agua potable en el mes de referencia. La tabla 11 recopila la información de usuarios domiciliarios activos.

Tabla 11: Usuarios domiciliarios activos en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016 (Sucúa)	2016 (S.M. Jesús)	2017 (Sucúa)	2017 (S.M. Jesús)
Enero	1.925	2.249	2.358	2.467	2.565	2.669	2.775	-	2.843	585
Febrero	1.930	2.253	2.366	2.474	2.572	2.675	2.783	-	2.849	588
Marzo	1.936	2.259	2.386	2.481	2.580	2.682	2.786	-	2.852	591
Abril	1.943	2.267	2.392	2.489	2.588	2.690	2.792	-	2.858	595
Mayo	1.949	2.273	2.409	2.512	2.593	2.695	2.796	534	2.862	597
Junio	1.956	2.279	2.416	2.519	2.629	2.730	2.802	535	2.868	601
Julio	1.961	2.315	2.422	2.525	2.635	2.738	2.809	570	2.872	603
Agosto	1.968	2.321	2.429	2.533	2.643	2.746	2.812	573	2.876	605
Septiembre	2.223	2.331	2.436	2.540	2.650	2.751	2.819	575	2.883	608
Octubre	2.227	2.340	2.443	2.544	2.654	2.757	2.824	578	2.889	612
Noviembre	2.233	2.347	2.450	2.549	2.657	2.763	2.832	581	2.896	616
Diciembre	2.241	2.354	2.470	2.556	2.659	2.771	2.836	583	2.903	619
Promedio Anual	2.041	2.299	2.415	2.516	2.619	2.722	2.806	566	2.871	602

Nota: Basada en EPMAPA-S, 2017.

b) Usuarios no domiciliarios activos.

Es la cantidad de conexiones activas que se encuentran instaladas en establecimientos destinados a salud, educación, asistencia social, administración pública y establecimientos comerciales y religiosos. La tabla 12 recopila la información de usuarios no domiciliarios.

Tabla 12: Usuarios no domiciliarios en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	257	291	293	295	297	300	305	373
Febrero	257	291	293	295	297	300	307	373
Marzo	258	291	293	295	297	302	311	373
Abril	258	291	293	295	297	302	311	373
Mayo	259	293	293	295	297	302	372	373
Junio	259	293	293	295	297	303	372	373
Julio	259	293	294	296	299	303	372	373
Agosto	259	293	294	296	299	303	372	375
Septiembre	281	293	294	296	299	304	372	375
Octubre	290	293	294	296	299	305	373	375
Noviembre	290	293	295	296	299	305	373	375
Diciembre	291	293	295	297	300	305	373	375
Promedio Anual	268	292	294	296	298	303	351	374

Nota: Basada en EPMAPA-S, 2017.

4.2.3. Registro de consumos.

A partir del año 2013 se produjeron incidentes debido a daños ocasionados por fuertes lluvias a la línea de conducción que transporta las aguas captadas desde el río Leticia, disminuyendo el caudal de aporte a la planta de tratamiento y por ende, a la red de distribución. Este evento se repitió en reiteradas ocasiones, durante ciertos meses de los años 2014, 2015, 2016 y 2017, por lo que los consumos respectivos que se presentan junto a un asterisco (*) en las tablas 13, 14 y 15 no serán tomados en cuenta en los cálculos de consumo debido a que representan situaciones anómalas de consumo y producen cambios considerables en el promedio general.

a) Consumo doméstico.

Es el consumo de agua potable generado por medidores de usuarios domiciliarios activos. La tabla 13 recopila la información del consumo doméstico en Sucúa y Santa Marianita de Jesús

Tabla 13: Consumo doméstico en Sucúa y Santa Marianita de Jesús (m³).

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	47.157	51.941	51.467	49.033	49.690	40.218*	37.455*	62.610
Febrero	46.638	50.257	48.589	50.368	40.211*	51.782	50.190	51.586*
Marzo	48.964	53.860	49.548	50.003	40.997*	53.483	49.491	43.648*
Abril	48.035	51.587	50.316	49.515	37.320*	50.562	40.049*	60.689
Mayo	49.810	48.724	51.386	50.828	53.226	49.568	59.566	61.127
Junio	46.295	48.174	48.183	51.292	49.585	42.285*	60.176	61.873
Julio	47.070	48.480	47.993	49.987	36.097*	48.271	59.094	52.872*
Agosto	46.888	51.594	49.498	51.714	52.122	49.685	58.951	46.278*
Septiembre	50.167	49.061	49.141	49.154	41.208*	39.632*	57.920	60.724
Octubre	48.945	49.306	51.986	49.102	50.324	48.628	59.626	63.947
Noviembre	50.687	51.564	50.440	50.837	51.591	41.477*	62.304	60.034
Diciembre	48.384	49.076	50.337	49.892	53.981	47.871	61.694	53.394*
Promedio Anual	48.253	50.302	49.907	50.144	51.503	49.981	57.901	61.572

Nota: Basada en EPMAPA-S, 2017.

b) Consumo no doméstico.

Es el consumo de agua potable generado por establecimientos destinados a salud, educación, asistencia social, administración pública y establecimientos comerciales y religiosos. La tabla 14 recopila la información del consumo no doméstico en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.

Tabla 14: Consumo no doméstico en Sucúa y Santa Marianita de Jesús (m³).

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	9.751	10.424	12.518	11.111	10.454	8.542*	8.498*	9.708
Febrero	7.687	7.832	9.848	11.653	7.683*	9.568	11.707	8.892*
Marzo	9.971	9.233	11.106	11.674	6.895*	9.963	12.291	8.793*
Abril	9.673	11.671	10.806	10.709	9.201*	10.148	9.525*	10.387
Mayo	8.710	11.103	11.007	10.449	9.875	11.044	11.390	9.419
Junio	10.978	11.814	11.680	12.283	11.517	9.253*	11.324	9.370
Julio	8.369	12.569	10.520	12.422	11.367*	11.064	11.661	9.118*
Agosto	12.101	12.397	11.326	8.713	9.392	10.835	10.494	9.410*
Septiembre	12.134	11.480	11.031	11.587	8.793*	7.482*	11.868	10.544
Octubre	10.706	10.611	9.075	11.686	11.035	12.255	11.227	9.155
Noviembre	12.106	10.809	11.459	8.262	11.673	8.692*	9.278	11.926
Diciembre	10.896	10.435	9.467	10.698	11.242	11.593	11.207	8.525*
Promedio Anual	10.257	10.865	10.820	10.937	10.741	10.809	11.245	10.073

Nota: Basada en EPMAPA-S, 2017.

c) Consumo total.

Es el consumo de agua potable generado por el total de medidores activos instalados. La tabla 15 recopila la información de consumo no doméstico.

Tabla 15: Consumo total en Sucúa y Santa Marianita de Jesús (m³).

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	56.908	62.365	63.985	60.144	60.144	48.760*	45.953*	72.318
Febrero	54.325	58.089	58.437	62.021	47.894*	61.350	61.897	60.478*
Marzo	58.935	63.093	60.654	61.677	47.892*	63.446	61.782	52.441*
Abril	57.708	63.258	61.122	60.224	46.521*	60.710	49.574*	71.076
Mayo	58.520	59.827	62.393	61.277	63.101	60.612	70.956	70.546
Junio	57.273	59.988	59.863	63.575	61.102	51.538*	71.500	71.243
Julio	55.439	61.049	58.513	62.409	47.464*	59.335	70.755	61.990*
Agosto	58.989	63.991	60.824	60.427	61.514	60.520	69.445	55.688*
Septiembre	62.301	60.541	60.172	60.741	50.001*	47.114*	69.788	71.268
Octubre	59.651	59.917	61.061	60.788	61.359	60.883	70.853	73.102
Noviembre	62.793	62.373	61.899	59.099	63.264	50.169*	71.582	71.960
Diciembre	59.280	59.511	59.804	60.590	65.223	59.464	72.901	61.919*
Promedio Anual	58.510	61.167	60.727	61.081	62.244	60.790	69.146	71.645

Nota: Basada en EPMAPA-S, 2017.

4.3. Estimación de consumos.

4.3.1. Consumos basados en lecturas de campo.

A partir de la información recolectada en las mediciones de campo se calculó el volumen promedio de agua potable usada en cada uno de los hogares, para posteriormente calcular el consumo per cápita diario de sus habitantes, como se indica en la tabla 16.

El cálculo de los consumos per cápita se realizó con las siguientes ecuaciones.

$$CPPU = \frac{\sum_{n=1}^{n=20} (lectura_{n+1} - lectura_n)}{20} \quad (6)$$

$$CPPH = \frac{CPPU * 1000}{Habitantes} \quad (7)$$

En donde:

CPPU = consumo promedio diario de agua potable por usuario, m³/usuario/día.

CPPH = consumo promedio diario de agua potable por habitante, l/hab/día.

Habitantes = Número de habitantes por usuario.

A partir de estos resultados se ha determinado que el consumo de agua potable por usuario promedio de Sucúa y Santa Marianita de Jesús es de 0,548 m³/usuario/día y que la dotación neta doméstica es de 155,07 l/hab/día.

Tabla 16: Consumo de agua potable según mediciones de consumo in situ.

Usuarios	Habitantes	Consumo diario por usuario, m ³ /usuario/día																				Consumo total (m ³ /20días)	CPPU (m ³ /usuario/día)	CPPH (l/hab/día)
		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20			
U1	2	0,351	0,373	0,404	0,445	0,261	0,320	0,272	0,312	0,197	0,262	0,440	0,439	0,199	0,253	0,207	0,211	0,247	0,237	0,305	0,290	6,025	0,301	150,63
U2	5	0,823	0,867	0,120	0,180	0,461	0,370	0,242	1,667	2,693	0,976	0,401	0,400	1,299	0,718	1,133	0,462	0,876	0,690	0,672	0,491	15,541	0,777	155,41
U3	4	1,093	0,811	0,923	0,861	0,928	1,040	0,994	1,032	0,710	0,660	0,631	2,111	1,071	0,967	0,959	0,988	0,032	1,039	0,780	0,622	18,252	0,913	228,15
U4	7	0,632	0,441	0,528	0,601	0,990	0,924	0,484	0,472	1,100	0,427	0,570	0,453	0,438	1,577	0,572	0,880	0,626	0,698	0,590	0,686	13,689	0,684	97,78
U5	4	0,677	0,724	0,541	0,412	0,697	0,861	0,940	0,833	0,816	1,030	2,077	1,069	0,935	1,017	0,491	0,422	0,488	0,440	0,459	0,311	15,240	0,762	190,50
U6	3	0,291	0,263	0,281	0,365	0,523	0,663	0,610	0,487	0,676	0,437	0,430	0,431	0,498	0,299	0,230	0,371	0,493	0,587	0,464	0,518	8,917	0,446	148,62
U7	4	0,468	0,305	0,327	0,363	0,259	0,341	0,329	0,355	0,478	0,368	0,493	0,366	0,338	0,364	0,343	0,436	0,385	0,292	0,293	0,615	7,518	0,376	93,98
U8	4	0,316	0,200	0,325	0,252	0,280	0,336	0,303	0,417	0,374	0,410	0,250	0,449	0,390	0,313	0,378	0,319	0,950	1,110	1,620	1,510	10,502	0,525	131,27
U9	4	0,401	0,300	0,400	0,423	0,243	0,234	0,323	0,178	0,596	0,726	0,304	0,369	0,502	0,499	1,197	2,216	1,317	0,870	1,223	1,340	13,661	0,683	170,76
U10	3	0,257	0,254	0,331	0,181	0,280	0,304	0,342	0,477	0,597	0,503	0,391	0,440	0,246	0,294	0,238	0,270	0,398	0,354	0,368	0,374	6,899	0,345	114,98
U11	2	0,287	0,380	0,391	0,510	0,557	0,704	0,259	0,157	0,224	0,209	0,568	0,530	0,502	0,538	0,354	0,378	0,278	0,263	0,289	0,267	7,645	0,382	191,13
U12	4	0,328	0,332	0,303	0,298	0,217	0,546	0,454	0,663	0,816	0,775	0,462	0,584	0,502	0,438	0,392	0,528	0,440	0,456	0,444	0,580	9,558	0,478	119,48
U13	4	0,390	0,368	0,299	0,308	0,357	0,386	0,295	0,429	0,421	0,433	0,337	0,331	0,400	0,369	0,314	0,422	0,386	0,278	0,477	0,373	7,373	0,369	92,16
U14	3	0,403	0,596	0,501	0,330	0,399	0,340	0,421	0,333	0,674	0,503	0,604	0,453	0,530	0,396	0,293	0,294	0,253	0,484	0,465	0,541	8,813	0,441	146,88
U15	2	0,279	0,211	0,248	0,202	0,179	0,182	0,127	0,158	0,167	0,276	0,280	0,234	0,260	0,237	0,287	0,182	0,229	0,274	0,199	0,249	4,460	0,223	111,50
U16	3	0,615	0,452	0,443	0,554	0,742	0,887	0,607	0,290	0,511	0,383	0,332	0,417	0,436	0,575	0,546	0,875	0,938	0,707	0,504	0,516	11,330	0,566	188,83
U17	4	0,223	0,240	0,450	0,396	0,200	0,274	0,222	0,131	0,137	0,140	0,397	0,400	0,369	0,737	0,463	0,868	0,635	0,531	0,497	0,629	7,939	0,397	99,24
U18	3	0,713	0,784	0,979	0,984	1,110	1,431	1,849	1,887	0,911	0,411	0,496	0,613	0,930	0,582	0,241	0,235	0,289	0,621	0,586	0,442	16,094	0,805	268,23
U19	3	0,733	0,682	0,829	0,824	0,754	0,669	0,812	1,000	0,886	0,802	0,474	0,462	0,483	0,436	0,448	1,443	0,380	0,474	0,815	0,697	14,103	0,705	235,05
U20	4	0,311	0,382	0,500	0,371	0,419	0,358	0,448	0,505	0,472	0,492	0,425	0,414	0,536	0,330	0,290	0,394	0,353	0,273	0,389	0,381	8,043	0,402	100,54
U21	3	0,610	0,508	0,655	0,433	0,653	0,647	0,480	0,824	0,529	0,517	0,352	0,589	0,900	0,902	0,937	0,863	0,871	0,590	0,767	0,879	13,506	0,675	225,10
U22	8	2,534	1,158	1,603	1,609	1,873	0,751	1,480	0,796	1,200	0,673	1,328	0,516	1,195	0,911	0,407	1,335	1,535	0,588	0,542	0,893	22,927	1,146	143,29
U23	6	1,085	1,223	1,088	1,064	1,114	1,078	1,080	1,054	1,128	1,356	1,037	0,919	0,969	0,993	0,950	0,561	0,361	1,046	0,981	0,966	20,053	1,003	167,11
U24	1	0,200	0,181	0,174	0,196	0,204	0,254	0,237	0,246	0,185	0,310	0,324	0,346	0,239	0,287	0,340	0,257	0,250	0,226	0,286	0,094	4,836	0,242	241,80
U25	5	0,994	1,072	1,112	0,484	0,463	0,484	0,402	0,550	0,717	0,730	0,660	0,819	0,898	0,884	1,049	0,891	1,053	0,956	1,085	0,867	16,170	0,809	161,70
U26	4	0,651	0,429	0,412	0,397	0,420	0,614	0,483	0,641	0,544	0,482	0,346	0,451	0,408	0,761	0,600	0,574	0,788	0,819	1,187	1,439	12,446	0,622	155,58
U27	1	0,310	0,201	0,223	0,220	0,250	0,196	0,168	0,197	0,249	0,235	0,209	0,141	0,280	0,221	0,207	0,203	0,222	0,309	0,224	0,243	4,508	0,225	225,40
U28	2	0,331	0,358	0,332	0,348	0,308	0,408	0,241	0,281	0,342	0,265	0,302	0,244	0,300	0,284	0,385	0,328	0,437	0,458	0,392	0,452	6,796	0,340	169,90
U29	2	0,257	0,238	0,278	0,273	0,261	0,299	0,296	0,363	0,284	0,245	0,265	0,408	0,257	0,280	0,242	0,247	0,267	0,333	0,316	0,353	5,762	0,288	144,05
U30	2	0,253	0,220	0,307	0,366	0,386	0,415	0,393	0,371	0,660	0,841	0,871	0,966	0,684	0,419	0,274	0,351	0,532	0,747	0,640	0,456	10,152	0,508	253,80
Promedio	3,53	0,561	0,485	0,510	0,475	0,526	0,544	0,520	0,570	0,643	0,529	0,535	0,545	0,566	0,563	0,492	0,593	0,544	0,558	0,595	0,602	10,959	0,548	155,07

4.3.2. Consumos basados en registros municipales.

4.3.2.1. Consumos a base de la población servida.

a) Proyecciones demográficas.

Para calcular la dotación neta total y neta doméstica a base de la población servida, se realizaron proyecciones demográficas con la información mostrada previamente en la tabla 1, correspondiente a la población total de las áreas urbana y rural de Sucúa y a la parroquia de Santa Marianita de Jesús. Los métodos empleados para la proyección demográfica se explican a continuación.

a.1) Proyección demográfica por el método aritmético.

Ospina D. (1981).indica que es un método que supone una variación lineal de población a través del tiempo, y proporciona la siguiente ecuación:

$$Pf = Po + r * t \quad (8)$$

En donde:

Pf = población futura, habitantes.

Po = población inicial, habitantes.

r = tasa de crecimiento aritmético, habitantes /año.

t = período de tiempo a ser proyectado, años.

La tasa de crecimiento aritmético (r), según Ospina D. (1981) se determina con la siguiente ecuación.

$$r = \frac{\Delta P}{\Delta t} \quad (9)$$

En donde:

ΔP = variación de población en el período analizado, habitantes.

Δt = duración del período censal analizado, años.

Para emplear este método se dispuso de información de la población total de las áreas urbana y rural de Sucúa y de la parroquia de Santa Marianita de Jesús según los censos de población y vivienda realizados por el INEC en 1990, 2001 y 2010. Se aplicó este método con tres tasas de crecimiento aritmético (r) distintas: la tasa de crecimiento aritmético 1 (r1) que corresponde al período 1990 – 2001; la tasa de crecimiento aritmético 2 (r2) que corresponde al período 2001 – 2010; y la tasa de crecimiento aritmético promedio (r.prom) que corresponde al promedio entre las tasas de crecimiento aritmético 1 y 2. Las tasas de crecimiento aritmético

empleadas se indican en la tabla 17 y los resultados obtenidos de proyección demográfica hasta el 2040 se recopilan en la tabla 5.1 del anexo 5.

Tabla 17: Tasas de crecimiento aritmético empleadas, habitantes /año.

Localidad	Tasa de Crecimiento aritmético (r)		
	Período 1990 - 2001	Período 2001 - 2010	Promedio
Sucúa sector urbano	146	166	156
Sucúa sector rural	108	124	116
Santa Marianita de Jesús	0,36	24	12,18

a.2) Proyección demográfica por el método exponencial.

Es un método que supone una variación exponencial de población a través del tiempo. Corcho F. y Duque J. (2005) proporcionan la siguiente ecuación.

$$Pf = Po * e^{r_g * t} \quad (10)$$

En donde:

Pf = población futura, habitantes.

Po = población inicial, habitantes.

r_g = tasa de crecimiento exponencial, habitantes/año.

t = período de tiempo a ser proyectado, años.

La tasa de crecimiento aritmético (r_g), según Corcho F. y Duque J. (2005) se determina con la siguiente ecuación.

$$r_g = \frac{\ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right)}{\Delta t} \quad (11)$$

En donde:

P2 = población al final del período analizado, habitantes.

P1 = población al inicio del período analizada, habitantes.

Δt = duración del período censal analizado, años.

Para emplear este método se dispuso de información de la población total de las áreas urbana y rural de Sucúa y de la parroquia de Santa Marianita de Jesús según los censos de población y vivienda realizados por el INEC en 1990, 2001 y 2010. Se aplicó este método con tres tasas de crecimiento exponencial (r_g) distintas: la tasa de crecimiento exponencial 1 (r_g 1) que corresponde al período 1990 – 2001; la tasa de crecimiento exponencial 2 (r_g 2) que corresponde al período 2001 – 2010; y la tasa de crecimiento exponencial promedio (r_g .prom) que corresponde al valor promedio entre las tasas de crecimiento exponencial 1 y 2. Las tasas

de crecimiento exponencial empleadas se indican en la tabla 18 y los resultados obtenidos de proyección demográfica hasta el 2040 se recopilan en la tabla 5.2 del anexo 5.

Tabla 18: Tasas de crecimiento exponencial empleadas.

Localidad	Tasa de Crecimiento (r_g)		
	Período 1990 - 2001	Período 2001 - 2010	Promedio
Sucúa sector urbano	0,027	0,024	0,025
Sucúa sector rural	0,035	0,029	0,032
Santa Marianita de Jesús	0,001	0,030	0,015

a.3) Proyección demográfica en función de la tasa de crecimiento del cantón Sucúa según el GAD-Sucúa (2014)

El GAD-Sucúa (2014) en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Sucúa del año 2014, emplea una tasa de crecimiento exponencial (r_g) de 0,027 correspondiente a la población total del cantón Sucúa. Este valor se empleó para realizar la proyección demográfica de la población total de las áreas urbana y rural de Sucúa y de la parroquia de Santa Marianita de Jesús, mediante la ecuación 10 (método exponencial). Los resultados obtenidos de proyección demográfica hasta el 2040 se recopilan en la tabla 5.3 del anexo 5.

a.4) Proyección demográfica en función de las tasas de crecimiento anual del cantón Sucúa, según el INEC.

El INEC cuenta en su base de datos una proyección demográfica de la población total del cantón Sucúa hasta el año 2030, la cual se muestra en la tabla 19:

Tabla 19: Proyección demográfica de la población total del cantón Sucúa según INEC

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Población	18.977	19.490	20.504	21.002	21.491	21.973	22.449	22.916	23.375	23.823
Año	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Población	24.261	24.689	25.107	25.514	25.910	26.294	26.667	27.030	27.382	27.722

Nota: Tomado de INEC, 2010.

A partir de la información de la tabla 19, es posible calcular las tasas de crecimiento anual, empleando la siguiente ecuación:

$$r_{(n-(n+1))} = \frac{P_{(n+1)} - P_n}{P_{(n+1)}} \quad (12)$$

En donde:

$r_{(n-(n+1))}$ = tasa de crecimiento en el año comprendido entre los años n y (n+1).

P_{n+1} : Población en el año (n+1), habitantes.

P_n : Población en el año n, habitantes.

Las tasas de crecimiento anual obtenidas se indican en la tabla 20:

Tabla 20: Tasas anuales de crecimiento obtenidas con la proyección de población del cantón Sucúa según el INEC (2010).

Año	Tasa de crecimiento	Año	Tasa de crecimiento	Año	Tasa de crecimiento	Año	Tasa de crecimiento
2010	0,027	2015	0,022	2020	0,018	2025	0,015
2011	0,026	2016	0,022	2021	0,018	2026	0,014
2012	0,025	2017	0,021	2022	0,017	2027	0,014
2013	0,024	2018	0,020	2023	0,016	2028	0,013
2014	0,023	2019	0,019	2024	0,016	2029	0,012
2015		2020		2025		2030	

Las tasas anuales de crecimiento indicadas en la tabla 20 se emplearon para proyectar la población total de las áreas urbana y rural de Sucúa y de la parroquia de Santa Marianita de Jesús, mediante la ecuación 13. Los resultados obtenidos de proyección demográfica hasta el 2030 se recopilan en la tabla 5.4 del anexo 5.

$$P_{(n+1)} = P_n + P_n * r \quad (13)$$

En donde:

$P_{(n+1)}$ = población proyectada en el año (n+1), habitantes.

P_n = población en el año n, habitantes.

r = tasa anual de crecimiento (Tabla 20).

a.5) Presentación gráfica de resultados de proyección demográfica.

Las figuras 20 y 21 recopilan gráficamente los resultados obtenidos de las proyecciones demográficas en el área urbana y rural de Sucúa y en la parroquia de Santa Marianita de Jesús.

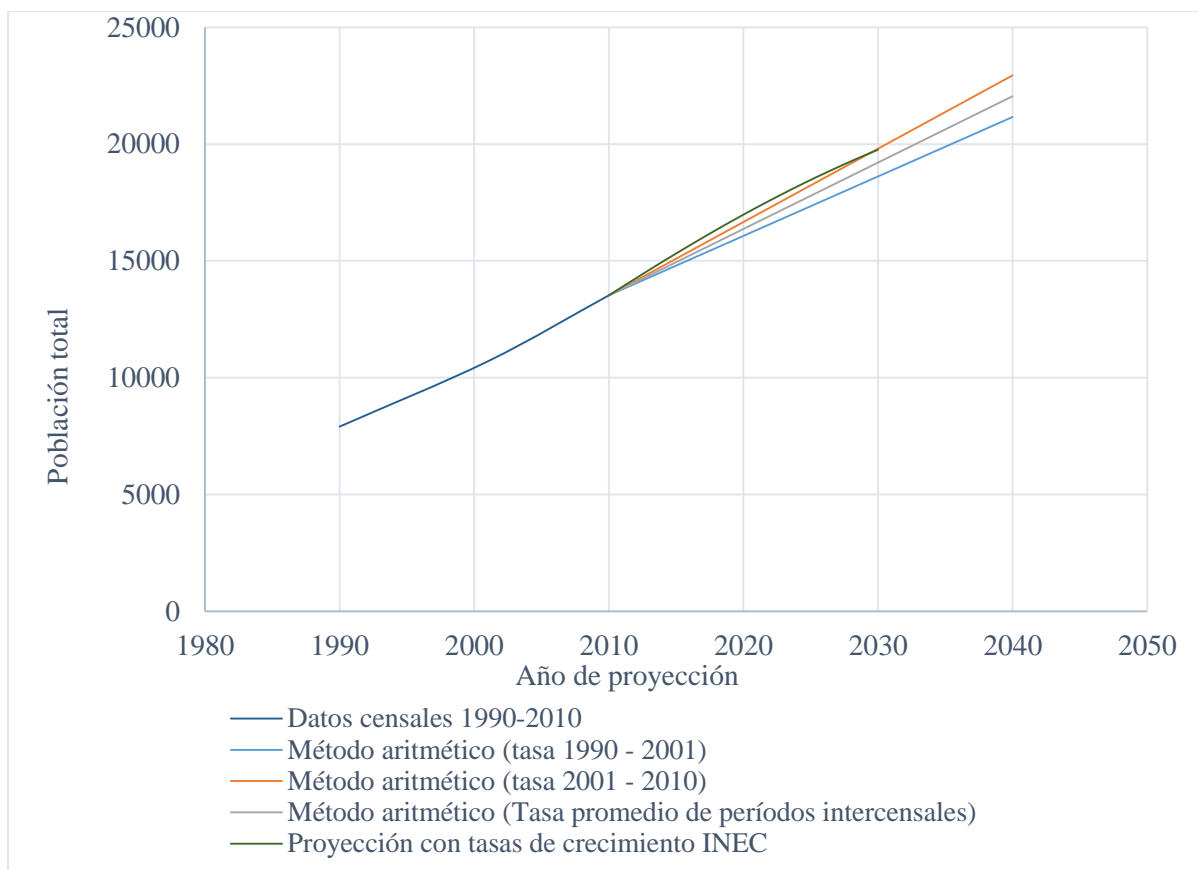


Figura 20: Proyección demográfica en las áreas urbana y rural de Sucúa y de la parroquia de Santa Marianita de Jesús, por el método aritmético y en función de las tasas de crecimiento anual del cantón Sucúa según el INEC (2010).

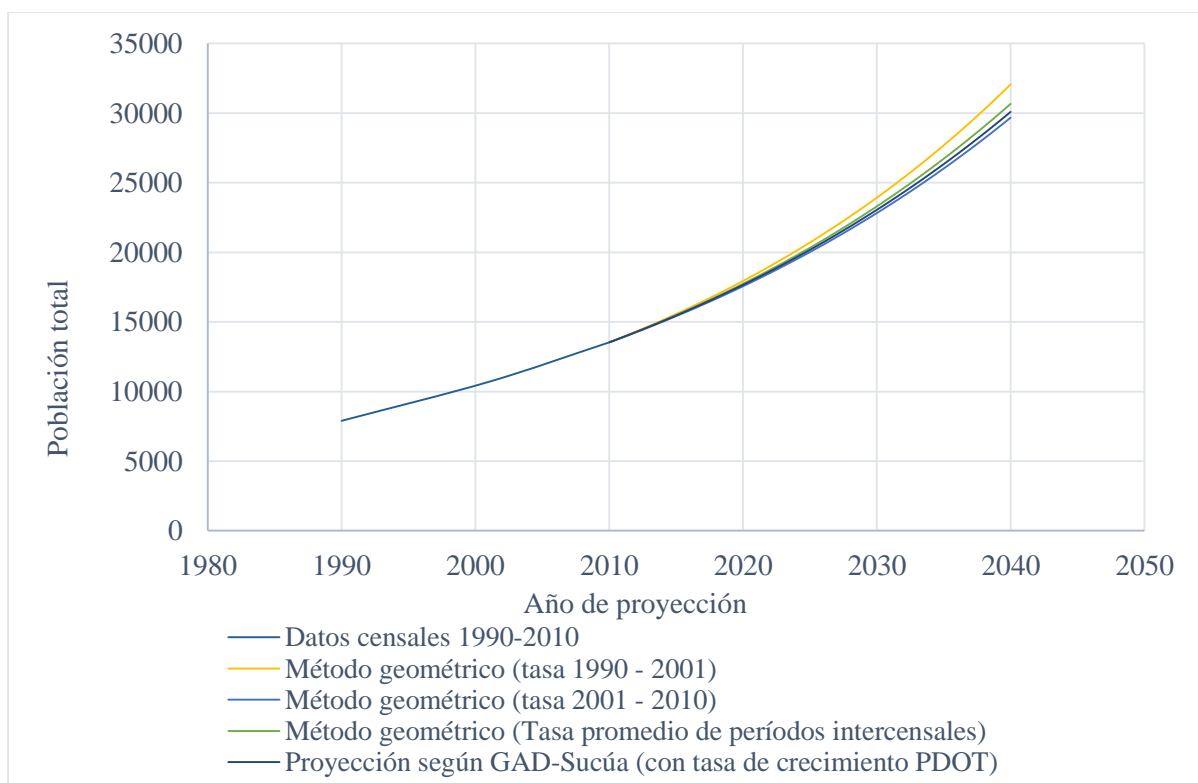


Figura 21: Proyección demográfica en las áreas urbana y rural de Sucúa y de la parroquia de Santa Marianita de Jesús, por el método exponencial y en función de la tasa de crecimiento del cantón Sucúa según el GAD-Sucúa (2014).

La proyección poblacional a partir de las tasas de crecimiento propuestas por el INEC representa la opción más confiable con respecto al resto de métodos propuestos, debido a que están basadas en información demográfica propias del cantón Sucúa, como mortalidad, natalidad, inmigración y emigración, motivo por el cual se empleará la población obtenida con dicho método. La tabla 21 indica el resultado de la proyección poblacional total de las áreas urbana y rural de Sucúa y de la parroquia de Santa Marianita de Jesús hasta el 2017, año hasta el cual se realiza el estudio de dotaciones. En el anexo 5 se presenta la proyección hasta el año 2040, la cual permitirá proyectar la demanda para la simulación de la red. Cabe mencionar que debido a la combinación de las redes de distribución de Sucúa y Santa Marianita de Jesús a mediados del año 2016, se tomó en cuenta la población de Santa Marianita de Jesús a partir de dicho evento.

Tabla 21: Proyección de población total en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.

Localidad	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Sucúa (Urbano)	7.805	8.016	8.225	8.433	8.638	8.839	9.037	9.233
Sucúa (Rural)	4.814	4.944	5.073	5.201	5.328	5.452	5.574	5.695
Sta. Mta. de Jesús	-	-	-	-	-	-	1.048	1.071
Población Total	12.619	12.960	13.299	13.634	13.966	14.291	15.659	15.999

b) Población servida.

Las proyecciones de cobertura se realizaron de manera independiente para cada una de las localidades. Según el INEC (2010), el sector urbano de Sucúa en el 2010 presenta una cobertura de 99,23%; se ha supuesto un ascenso anual lineal (0,009%) hasta alcanzar el 99,5% en el 2040; En el sector rural de esta localidad, debido a su baja densidad poblacional y a que los usuarios no abastecidos se encuentran en territorios con una cota superior al de los tanques de reserva que alimentan la red de distribución de Sucúa, es poco probable alcanzar una cobertura significativamente mayor a la del año 2010, por lo que se supone un crecimiento anual de cobertura equivalente al existente entre los años 1990 y 2001 (0,02%). Finalmente para Santa Marianita de Jesús se supone el crecimiento anual existente entre los años 1990 y 2010 (0,36%), debido a que el porcentaje de cobertura decrece entre los años 2001 y 2010 y para esta investigación no se consideró el mismo comportamiento. La tabla 22 indica la proyección de cobertura mencionada.

La población servida por el servicio de agua potable se indica en la tabla 23 y fue calculada con la información de las tablas 21 y 22, empleando la siguiente ecuación:

$$PS = \frac{PT * Cobertura}{100} \quad (14)$$

En donde:

PS = población servida por el sistema de agua potable.

PT = población total en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.

Cobertura = cobertura del sistema de agua potable, %.

Tabla 22: Cobertura del Sistema de agua potable (%)

Año	Sucúa sector urbano	Sucúa sector rural	Santa Marianita de Jesús
1990	88,69	40,26	62,69
2001	96,56	40,47	70,13
2010	99,23	49,33	69,86
2011	99,24	49,35	70,22
2012	99,25	49,37	70,58
2013	99,26	49,39	70,94
2014	99,27	49,41	71,29
2015	99,28	49,43	71,65
2016	99,28	49,44	72,01
2017	99,29	49,46	72,37
2018	99,30	49,48	72,73
2019	99,31	49,50	73,09
2020	99,32	49,52	73,45
2021	99,33	49,54	73,80
2022	99,34	49,56	74,16
2023	99,35	49,58	74,52
2024	99,36	49,60	74,88
2025	99,37	49,62	75,24
2026	99,37	49,64	75,60
2027	99,38	49,65	75,95
2028	99,39	49,67	76,31
2029	99,40	49,69	76,67
2030	99,41	49,71	77,03
2031	99,42	49,73	77,39
2032	99,43	49,75	77,75
2033	99,44	49,77	78,11
2034	99,45	49,79	78,46
2035	99,46	49,81	78,82
2036	99,46	49,83	79,18
2037	99,47	49,85	79,54
2038	99,48	49,86	79,90
2039	99,49	49,88	80,26
2040	99,50	49,90	80,62

Tabla 23: Población servida por el sistema de agua potable obtenida a base de porcentajes de cobertura.

Localidad	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Sucúa (Urbano)	7.745	7.955	8.163	8.370	8.574	8.775	8.973	9.168
Sucúa (Rural)	2.375	2.440	2.505	2.569	2.632	2.695	2.756	2.817
Sta. Mta. de Jesús	-	-	-	-	-	-	755	775
Población Total	10.120	10.395	10.668	10.939	11.207	11.469	12.483	12.759

c) Dotación neta total y doméstica.

Las dotaciones neta total y neta doméstica fueron calculadas con los datos de consumo doméstico (tabla 13), consumo total (tabla 15) y población servida (tabla 23) con las siguientes ecuaciones:

$$DNT = \frac{CT * 1000}{PS * n} \quad (15)$$

$$DND = \frac{CD * 1000}{PS * n} \quad (16)$$

En donde:

DNT = dotación neta total de agua potable, l/hab/día.

DND = dotación neta doméstica de agua potable, l/hab/día.

CT = consumo total de agua potable, m³/mes

CD = consumo doméstico de agua potable, m³/mes.

PS = población servida en el año de referencia, habitantes.

n = días que contiene el mes de referencia.

Las dotaciones calculadas corresponden a la población servida total por el sistema de agua potable

Los valores provenientes de los consumos mensuales de agua potable afectados por la disminución de la capacidad de la planta de tratamiento de Sucúa mencionada en el capítulo 2, fueron resaltados con asterisco (*) y excluidos del cálculo promedio anual de dotación, ya que estos producían una variación significativa. Las tablas 24 y 25 recopilan los resultados obtenidos de dotación neta total y neta doméstica.

Tabla 24: Dotación neta total en Sucúa y Santa Marianita de Jesús a base de población servida.

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Promedio
Enero	181,40	193,53	193,46	177,34	169,15	137,13*	126,37*	182,82	170,15
Febrero	191,72	199,58	188,87	202,47	149,13*	191,03	181,96	169,278	184,25
Marzo	187,86	195,79	183,39	181,86	134,69*	178,43	169,90	132,57*	170,56
Abril	190,08	202,85	190,96	183,50	135,20*	176,43	140,88*	185,67	175,70
Mayo	186,54	185,66	188,65	180,68	177,46	170,46	183,33	178,34	181,39
Junio	188,65	192,36	187,03	193,71	177,57	149,78*	190,90	186,11	183,26
Julio	176,71	189,45	176,92	184,02	133,49*	166,87	182,81	156,71*	170,87
Agosto	188,03	198,58	183,90	178,18	173,00	170,21	179,43	140,78*	176,51
Septiembre	205,21	194,14	188,00	185,07	145,31*	136,92*	186,32	186,18	178,39
Octubre	190,14	185,94	184,62	179,24	172,57	171,23	183,07	184,81	181,45
Noviembre	206,83	200,01	193,39	180,07	183,85	145,80*	191,11	187,98	186,13
Diciembre	188,96	184,68	180,82	178,66	183,43	167,24	188,36	156,54*	178,58
Promedio Anual	190,18	193,55	186,67	183,73	176,72	169,89	183,72	184,56	183,63

Tabla 25: Dotación neta doméstica en Sucúa y Santa Marianita de Jesús a base de población servida.

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Promedio
Enero	150,32	161,18	155,61	144,58	139,75	113,11*	103,00*	158,28	140,73
Febrero	164,59	172,67	157,04	164,43	125,21*	161,23	147,54	144,39*	154,64
Marzo	156,08	167,14	149,81	147,44	115,30*	150,41	136,10	110,34*	141,58
Abril	158,22	165,42	157,20	150,87	108,46*	146,94	113,81*	158,54	144,93
Mayo	158,77	151,20	155,37	149,87	149,69	139,40	153,90	154,53	151,59
Junio	152,49	154,48	150,54	156,28	144,10	122,89*	160,66	161,63	150,38
Julio	150,04	150,44	145,11	147,39	101,52*	135,76	152,68	133,66*	139,58
Agosto	149,46	160,11	149,66	152,49	146,59	139,73	152,31	116,99*	145,92
Septiembre	165,24	157,32	153,53	149,77	119,76*	115,18*	154,64	158,63	146,76
Octubre	156,01	153,01	157,18	144,78	141,53	136,76	154,06	161,66	150,62
Noviembre	166,95	165,35	157,59	154,90	149,93	120,54*	166,34	156,83	154,80
Diciembre	154,23	152,29	152,20	147,11	151,82	134,63	159,40	134,98*	148,33
Promedio Anual	156,87	159,22	153,40	150,83	146,20	143,11	153,77	158,59	152,75

Con el objetivo de visualizar de mejor manera la variación de promedios anuales de dotación neta total y neta doméstica indicados en las tablas 24 y 25, se presentan las figuras 22 y 23 que recopilan de manera gráfica las dotaciones medias anuales.

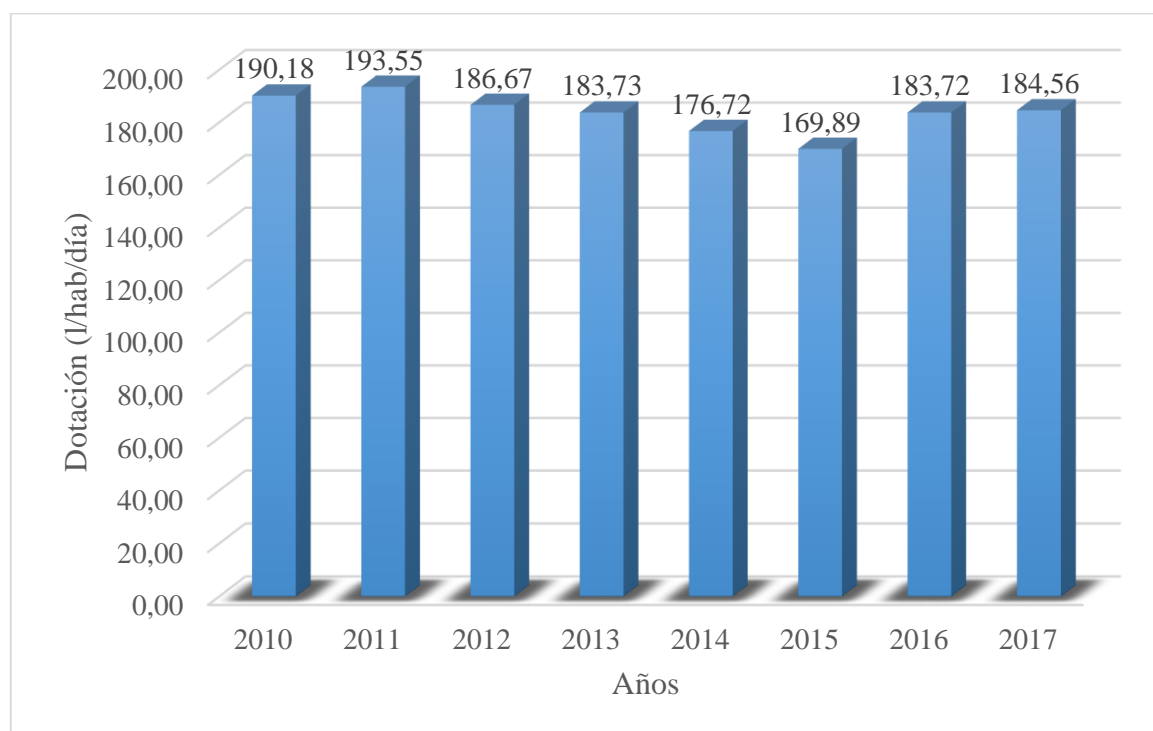


Figura 22: Promedios anuales de dotación neta total en Sucúa y Santa Marianita de Jesús a base de población servida.

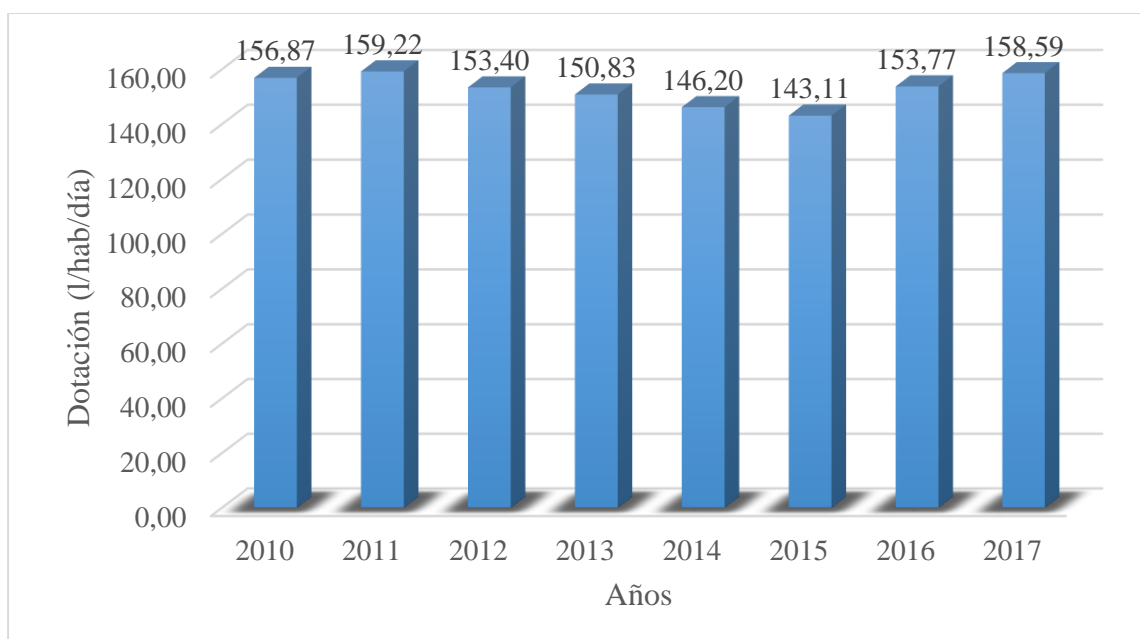


Figura 23: Promedios anuales de dotación neta doméstica en Sucúa y Santa Marianita de Jesús a base de población servida.

4.3.2.2. Consumos a base del número de habitantes por vivienda.

Para estimar las dotaciones neta total y neta doméstica a base del número de habitantes por vivienda, se calculó la población que representa el total de usuarios domiciliarios activos conectados a la red, empleando la información de usuarios domiciliarios activos (tabla 11) para multiplicarlos respectivamente con los valores del promedio de personas por hogar en Sucúa de 4,16 y en Santa Marianita de Jesús de 4,05 proporcionados por el INEC (2010), según el censo de población y vivienda realizado en el 2010. La población obtenida con el total de usuarios domiciliarios activos se muestra en la tabla 26.

Tabla 26: Población servida obtenida con el total de usuarios domiciliarios activos en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	8.008	9.356	9.809	10.263	10.670	11.103	11.544	14.196
Febrero	8.029	9.372	9.843	10.292	10.700	11.128	11.577	14.233
Marzo	8.054	9.397	9.926	10.321	10.733	11.157	11.590	14.258
Abril	8.083	9.431	9.951	10.354	10.766	11.190	11.615	14.299
Mayo	8.108	9.456	10.021	10.450	10.787	11.211	13.794	14.324
Junio	8.137	9.481	10.051	10.479	10.937	11.357	13.823	14.365
Julio	8.158	9.630	10.076	10.504	10.962	11.390	13.994	14.390
Agosto	8.187	9.655	10.105	10.537	10.995	11.423	14.019	14.414
Septiembre	9.248	9.697	10.134	10.566	11.024	11.444	14.056	14.456
Octubre	9.264	9.734	10.163	10.583	11.041	11.469	14.089	14.497
Noviembre	9.289	9.764	10.192	10.604	11.053	11.494	14.134	14.542
Diciembre	9.323	9.793	10.275	10.633	11.061	11.527	14.159	14.583
Promedio Anual	8.491	9.564	10.045	10.466	10.894	11.325	13.199	14.380

Con la información de población obtenida con el total de usuarios domiciliarios activos (tabla 26), consumo doméstico (tabla 13) y consumo total (tabla 15) se estimaron las dotaciones neta total y neta doméstica a base del número de habitantes por vivienda empleando las siguientes ecuaciones.

$$DNT = \frac{CT * 1000}{PSUT * n} \quad (17)$$

$$DND = \frac{CD * 1000}{PSUT * n} \quad (18)$$

En donde:

DNT = dotación neta total de agua potable, l/hab/día.

DND = dotación neta doméstica de agua potable, l/hab/día.

CT = Consumo mensual total, m³/mes.

CD = Consumo mensual doméstico, m³/mes.

PSUT = población servida obtenida con el total de usuarios domiciliarios activos, habitantes.

n = número de días que contiene el mes de referencia.

En este caso también se excluyó del cálculo promedio anual de dotación, los consumos provenientes de los meses afectados por la disminución de la capacidad de la planta de tratamiento, según lo explicado en el capítulo 2. Las tablas 27 y 28 recopilan los resultados obtenidos de dotación neta total y neta doméstica total en Sucúa y Santa Marianita de Jesús a base del número de habitantes por vivienda.

Tabla 27: Dotación neta total en Sucúa y Santa Marianita de Jesús a base del número de habitantes por vivienda.

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Promedio
Enero	229,24	215,03	210,42	189,05	181,82	141,66*	128,41*	164,33	182,49
Febrero	241,65	221,35	204,90	215,22	159,87*	196,90	184,36	151,75*	197,00
Marzo	236,05	216,58	198,20	192,77	143,94*	183,44	171,96	118,65*	182,70
Abril	237,98	223,59	205,69	193,88	144,04*	180,84	142,27*	165,69	186,75
Mayo	232,83	204,10	200,50	189,16	188,70	174,40	165,93	158,87	189,31
Junio	234,62	210,91	198,54	202,23	186,23	151,27*	172,42	165,32	190,19
Julio	219,22	204,49	187,18	191,66	139,68*	168,04	163,10	138,97*	176,54
Agosto	232,43	213,79	194,01	184,99	180,48	170,90	159,80	124,62*	182,63
Septiembre	224,56	208,11	197,76	191,62	151,19*	137,23*	165,50	164,34	180,04
Octubre	207,70	198,55	193,66	185,29	179,28	171,24	162,23	162,67	182,58
Noviembre	225,32	212,95	202,28	185,78	190,79	145,49*	168,82	164,95	187,05
Diciembre	205,12	196,04	188,59	183,82	190,21	166,40	166,09	136,96*	179,15
Promedio Anual	227,23	210,46	198,48	192,12	185,36	176,52	168,02	163,74	190,24

Tabla 28: Dotación neta doméstica en Sucúa y Santa Marianita de Jesús a base del número de habitantes por vivienda.

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Promedio
Enero	189,96	179,09	169,25	154,12	150,22	116,85*	104,66*	142,27	150,80
Febrero	207,46	191,51	170,37	174,78	134,22*	166,19	149,49	129,44*	165,43
Marzo	196,12	184,88	161,91	156,28	123,22*	154,63	137,75	98,75*	151,69
Abril	198,09	182,34	169,33	159,40	115,55*	150,61	114,94*	141,48	153,97
Mayo	198,18	166,22	165,13	156,90	159,17	142,62	139,30	137,66	158,15
Junio	189,65	169,38	159,80	163,16	151,13	124,11*	145,11	143,57	155,74
Julio	186,13	162,39	153,53	153,51	106,23*	136,71	136,22	118,53*	144,15
Agosto	184,75	172,37	157,89	158,31	152,92	140,30	135,65	103,57*	150,72
Septiembre	180,83	168,65	161,51	155,06	124,60*	115,44*	137,36	140,02	147,93
Octubre	170,42	163,39	164,87	149,67	147,03	136,77	136,52	142,29	151,37
Noviembre	181,88	176,04	164,83	159,81	155,59	120,29*	146,93	137,61	155,37
Diciembre	167,42	161,66	158,74	151,36	157,42	133,96	140,56	118,11*	148,65
Promedio Anual	187,57	173,16	163,10	157,70	153,35	145,23	140,49	140,70	157,66

Para visualizar de mejor manera la variación de promedios anuales de dotación neta total y neta doméstica indicados en las tablas 27 y 28, se presentan las figuras 24 y 25 que recopilan de manera gráfica, dichos resultados.

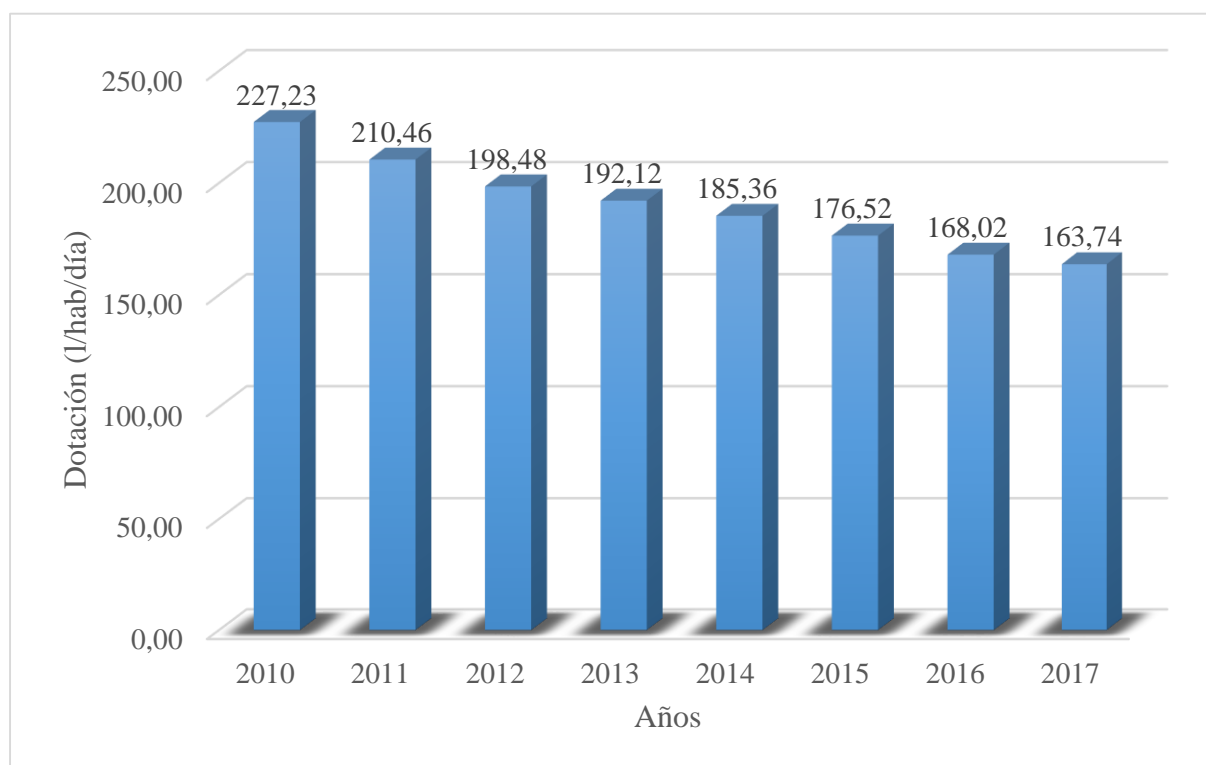


Figura 24: Promedios anuales de dotación neta total en Sucúa y Santa Marianita de Jesús a base del número de habitantes por vivienda.

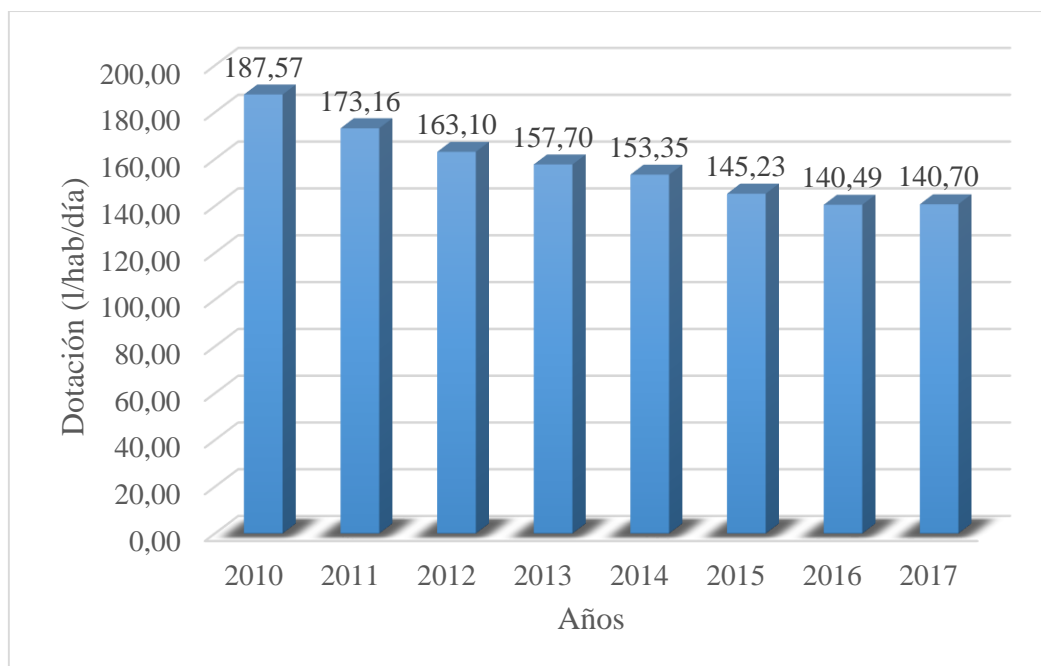


Figura 25: Promedios anuales de dotación neta doméstica en Sucúa y Santa Marianita de Jesús a base del número de habitantes por vivienda.

4.3.3. Composición del consumo.

La tabla 29 indica la composición porcentual del consumo de usuarios domésticos y no domésticos registrados en la EPMAPA-S, la cual se calculó relacionando el consumo doméstico (tabla 13) y no doméstico (tabla 14) con el consumo total (tabla 15).

4.3.4. Consumos por usuario.

El consumo promedio mensual por usuario (m^3/mes) fue calculado con la información de usuarios domiciliarios activos (tabla 11), usuarios no domiciliarios (tabla 12), consumo doméstico (tabla 13), consumo no doméstico (tabla 14) y consumo total (tabla 15), usando las siguientes ecuaciones:

$$\text{CPMT} = \frac{\text{CT}}{\text{UDA} + \text{UND}} \quad (19)$$

$$\text{CPMD} = \frac{\text{CD}}{\text{UDA}} \quad (20)$$

$$\text{CPMND} = \frac{\text{CND}}{\text{UND}} \quad (21)$$

En donde:

CPMT = Consumo promedio mensual total por usuario, $\text{m}^3/\text{usuario}/\text{mes}$

CPMD = Consumo promedio mensual doméstico por usuario, $\text{m}^3/\text{usuario}/\text{mes}$

CPMND = Consumo promedio mensual no doméstico por usuario, $\text{m}^3/\text{usuario}/\text{mes}$

CT = Consumo mensual total, m^3/mes .

CD = Consumo mensual doméstico, m^3/mes .

CND = Consumo mensual no doméstico, m^3/mes .

UDA = Usuarios domiciliarios activos.

UND = Usuarios no domiciliarios.

La disminución de la capacidad de la planta de tratamiento influyó en los consumos de ciertos meses; estos valores (marcados con *) fueron excluidos del cálculo del promedio anual de consumo. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 30.

Tabla 29: Composición porcentual del consumo en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.

Mes	2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		Promedio	
	Doméstico	No doméstico	Doméstico	No doméstico	Doméstico	No doméstico	Doméstico	No doméstico	Doméstico	No doméstico	Doméstico	No doméstico	Doméstico	No doméstico	Doméstico	No doméstico	Doméstico	No doméstico
Enero	82,9	17,1	83,3	16,7	80,4	19,6	81,5	18,5	82,6	17,4	82,5	17,5	81,5	18,5	86,6	13,4	82,7	17,3
Febrero	85,8	14,2	86,5	13,5	83,1	16,9	81,2	18,8	84,0	16,0	84,4	15,6	81,1	18,9	85,3	14,7	83,9	16,1
Marzo	83,1	16,9	85,4	14,6	81,7	18,3	81,1	18,9	85,6	14,4	84,3	15,7	80,1	19,9	83,2	16,8	83,1	16,9
Abril	83,2	16,8	81,6	18,4	82,3	17,7	82,2	17,8	80,2	19,8	83,3	16,7	80,8	19,2	85,4	14,6	82,4	17,6
Mayo	85,1	14,9	81,4	18,6	82,4	17,6	82,9	17,1	84,4	15,6	81,8	18,2	83,9	16,1	86,6	13,4	83,6	16,4
Junio	80,8	19,2	80,3	19,7	80,5	19,5	80,7	19,3	81,2	18,8	82,0	18,0	84,2	15,8	86,8	13,2	82,1	17,9
Julio	84,9	15,1	79,4	20,6	82,0	18,0	80,1	19,9	76,1	23,9	81,4	18,6	83,5	16,5	85,3	14,7	81,6	18,4
Agosto	79,5	20,5	80,6	19,4	81,4	18,6	85,6	14,4	84,7	15,3	82,1	17,9	84,9	15,1	83,1	16,9	82,7	17,3
Septiembre	80,5	19,5	81,0	19,0	81,7	18,3	80,9	19,1	82,4	17,6	84,1	15,9	83,0	17,0	85,2	14,8	82,4	17,6
Octubre	82,1	17,9	82,3	17,7	85,1	14,9	80,8	19,2	82,0	18,0	79,9	20,1	84,2	15,8	87,5	12,5	83,0	17,0
Noviembre	80,7	19,3	82,7	17,3	81,5	18,5	86,0	14,0	81,5	18,5	82,7	17,3	87,0	13,0	83,4	16,6	83,2	16,8
Diciembre	81,6	18,4	82,5	17,5	84,2	15,8	82,3	17,7	82,8	17,2	80,5	19,5	84,6	15,4	86,2	13,8	83,1	16,9
Promedio Anual	82,5	17,5	82,2	17,8	82,2	17,8	82,1	17,9	82,3	17,7	82,4	17,6	83,2	16,8	85,4	14,6	82,8	17,2

Tabla 30: Consumo promedio en m³ mensual por tipo de usuario.

Mes	2010			2011			2012			2013			2014			2015			2016			2017			Promedio		
	Total (CPMT)	Doméstico (CPMD)	No doméstico (CPMND)	Total (CPMT)	Doméstico (CPMD)	No doméstico (CPMND)	Total (CPMT)	Doméstico (CPMD)	No doméstico (CPMND)	Total (CPMT)	Doméstico (CPMD)	No doméstico (CPMND)	Total (CPMT)	Doméstico (CPMD)	No doméstico (CPMND)	Total (CPMT)	Doméstico (CPMD)	No doméstico (CPMND)	Total (CPMT)	Doméstico (CPMD)	No doméstico (CPMND)	Total (CPMT)	Doméstico (CPMD)	No doméstico (CPMND)	Total (CPMT)	Doméstico (CPMD)	No doméstico (CPMND)
Enero	26,08	24,50	37,94	24,55	23,10	35,82	24,14	21,83	42,72	21,78	19,88	37,66	21,01	19,37	35,20	16,42*	15,06*	28,47*	14,92*	13,49*	27,86*	19,03	18,26	26,03	22,76	21,16	35,90
Febrero	24,84	24,16	29,91	22,83	22,31	26,91	21,99	20,55	33,61	22,40	20,36	39,50	16,69*	15,63*	25,86*	20,62	19,36	31,89	20,03	18,03	38,13	15,87*	15,00*	23,83*	22,12	20,80	33,33
Marzo	26,86	25,29	38,65	24,74	23,84	31,73	22,75	20,88	37,90	22,22	20,15	39,57	16,64*	15,89*	23,21*	21,26	19,94	32,99	19,95	17,76	39,52	13,74*	12,67*	23,57*	22,96	21,31	36,73
Abril	26,22	24,72	37,49	24,73	22,76	40,11	22,86	21,13	36,88	21,63	19,89	36,30	16,12*	14,42*	30,97*	20,29	18,80	33,60	15,97*	14,34*	30,62*	18,58	17,58	27,85	22,38	20,81	35,37
Mayo	26,50	25,56	33,63	23,32	21,44	37,89	23,06	21,30	37,57	21,83	20,23	35,42	21,83	20,53	33,25	20,22	18,39	36,57	19,17	17,89	30,62	18,41	17,67	25,25	21,79	20,38	33,77
Junio	25,86	23,67	42,39	23,32	21,14	40,32	22,10	19,94	39,86	22,59	20,36	41,64	20,88	18,86	38,78	16,99*	15,48*	30,53*	19,28	18,03	30,44	18,54	17,84	25,12	21,80	19,98	36,94
Julio	24,97	24,00	32,31	23,41	20,94	42,90	21,53	19,80	35,78	22,12	19,80	41,97	16,17*	13,69*	38,01*	19,51	17,63	36,51	18,86	17,49	31,35	16,10*	15,21*	24,44*	21,73	19,94	36,80
Agosto	26,49	23,83	46,72	24,48	22,23	42,31	22,32	20,36	38,52	21,36	20,42	29,44	20,91	19,72	31,41	19,85	18,09	35,76	18,48	17,42	28,21	14,44*	13,29*	25,09*	19,24	17,76	31,55
Septiembre	24,88	22,57	43,18	23,07	21,05	39,18	22,02	20,16	37,52	21,42	19,35	39,15	16,95*	15,55*	29,40*	15,42*	14,40*	24,61*	18,53	17,07	31,90	18,43	17,39	28,12	21,39	19,60	36,51
Octubre	23,70	21,98	36,92	22,76	21,07	36,22	22,29	21,26	30,87	21,40	19,30	39,48	20,78	18,96	36,91	19,88	17,64	40,18	18,77	17,53	30,10	18,86	18,27	24,41	21,06	19,50	34,38
Noviembre	24,89	22,70	41,74	23,63	21,97	36,89	22,53	20,57	38,84	20,77	19,94	27,91	21,40	19,42	39,04	16,35*	15,01*	28,49*	18,91	18,25	24,87	18,51	17,09	31,80	21,52	19,99	34,44
Diciembre	23,41	21,59	37,44	22,48	20,85	35,61	21,72	20,47	32,09	21,24	19,52	36,02	22,04	20,30	37,47	19,33	17,28	38,01	19,22	18,04	30,05	15,88*	15,16*	22,73*	18,68	17,26	30,84
Promedio Anual	25,39	23,71	38,19	23,61	21,89	37,16	22,44	20,69	36,85	21,73	19,93	37,00	21,27	19,59	36,01	20,12	18,39	35,69	19,12	17,75	31,52	18,62	17,73	26,94	21,54	19,96	34,92

4.4. Interpretación de resultados.

La dotación neta doméstica promedio de 157,66 l/hab/día y 152,75 l/hab/día obtenida con los métodos expuestos a base de los registros proporcionados por la EPMAPA-S es semejante a su homóloga de 155,07 l/hab/día calculada con la información recolectada en mediciones de campo, por lo que se las considera consistentes y están sobre el valor de 70 l/hab/día estimado por la OMS (2009), como suficiente para satisfacer las necesidades de una persona promedio de manera digna.

Los valores de dotación neta total promedio de 190,24 l/hab/día y 183,63 l/hab/día, obtenidos con los mismos métodos están por debajo de los rangos de consumo de 200 l/hab/día a 230 l/hab/día, recomendados por el CPE-INEN 005-9-1 (1992) para poblaciones entre 5000 y 50000 habitantes en clima cálido; estas dotaciones, son mayores a los valores de dotación neta doméstica, puesto que la dotación neta total considera el consumo de todos los usuarios indiferentemente de su categoría, mientras que la dotación neta doméstica considera solamente el consumo de usuarios domiciliarios.

Referencialmente se indica que los valores de dotación neta total obtenidos son mayores a los recomendados por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2010) de Colombia que están en un rango de 90 -150 l/hab/día. En México, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2015) recomienda dotaciones entre 140 - 243 l/hab/día, por lo que los valores de dotación neta total obtenidos están dentro de lo recomendado en ese país. En Latinoamérica, el consumo promedio de agua potable es inferior a los determinados en esta investigación y según Sorgato V. (2015) es de 169 l/hab/. El valor referencial del consumo promedio de agua potable en Ecuador de 233 l/hab/día estimado en el subcapítulo “Dotaciones” del capítulo 3 es superior a los valores determinados en esta investigación.

Por otra parte, las dotaciones medias anuales doméstica y total, basadas en registros municipales tienen tendencia decreciente hasta el año 2015, posiblemente debido a que las cifras de consumo anual promedio generadas por el total de medidores instalados se mantienen relativamente constantes, mientras que el promedio anual de usuarios domiciliarios activos y de población servida ascienden, lo que significa que el mismo volumen de agua potable debió ser repartido a una demanda cada vez mayor de habitantes a través de los años, reduciendo progresivamente las medias anuales de dotación.

Según la tabla 24 de composición del consumo, el agua potable destinada a consumos no domésticos representa un promedio de 17,20%, valor relativamente elevado y poco común en poblaciones semejantes a las de Sucúa y Santa Marianita de Jesús; posiblemente se debe a que la población que asiste a establecimientos educativos, conforme al GAD-Sucúa (2014), representa al 47% de la población servida.

Muchos de los habitantes del sector urbano de Sucúa son propietarios de predios en el sector rural, en los cuales han instalado medidores de agua; la demanda de agua potable en dichos predios es muy inferior a la que los propietarios requieren normalmente en sus domicilios, puesto que realizan pocas actividades en estos sitios; la EPMAPA-S considera a los medidores instalados en estos predios como destinados para uso doméstico. En la actualidad estos medidores representan un porcentaje considerable respecto al total de medidores domésticos instalados, lo que ha repercutido en la tendencia de los promedios anuales de dotación neta total y neta doméstica a base del número de habitantes por vivienda.

5. SECTORIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

5.1. Levantamiento de información de la red existente.

La red de distribución de agua potable de Sucúa en la actualidad está conformada por tubería de PVC y ha sido sometida a una serie de ampliaciones conforme al crecimiento poblacional, desde su inauguración en la década de los 80. La EPMAPA-S no dispone de registros históricos de las ampliaciones realizadas en la red de distribución, sin embargo, para tener una idea aproximada de dichas ampliaciones se ha usado como referencia los planos censales empleados por el INEC para delimitar la zona urbana de la ciudad en los años 1990, 2001 y 2010, en los que se observa su expansión territorial. La delimitación urbana de la ciudad de Sucúa en los años mencionados se presenta en el anexo 6.

Por otra parte, la red de distribución de agua potable de Santa Marianita de Jesús, en donde no se han realizado trabajos de ampliación, fue inaugurada en el año 2010 empleando PVC en sus tuberías.

La tabla 31 resume la tubería total instalada en las redes de distribución de Sucúa y Santa Marianita de Jesús según su diámetro comercial.

Tabla 31: Resumen de tubería instalada en Sucúa y Santa Marianita de Jesús

Diámetro (mm)	250	110	90	63	50	40
Longitud en Sucúa (km)	7,62	7,31	3,43	66,22	7,49	5,71
Longitud en Santa Marianita de Jesús (km)	4,18	3,43	4,95	10,11	0	8,78
Longitud total (km)	11,80	10,74	8,38	76,83	7,49	14,49

Nota: Basada en Fajardo, 2001 y Calle, 2010.

Según el Equipo Técnico GAD-Sucúa (2016), el trazado de la red de distribución en la ciudad de Sucúa presenta tuberías que se cruzan sin conformar sectorización alguna y si bien la red cuenta con válvulas e hidrantes, un gran porcentaje de válvulas son inoperables debido a la falta de mantenimiento, mientras otras se encuentran bajo la calzada y no disponen de cajas de revisión por lo que se desconoce su estado real en la actualidad. En Santa Marianita de Jesús se ha logrado formar tres sectores con la implementación de válvulas de cierre, pero se evidencia un trazado ramificado con una sola línea principal, lo que ocasiona la suspensión forzosa del servicio de los sectores ubicados aguas abajo de dichas válvulas, al ser usadas en eventos de mantenimiento.

Según Fajardo C. (2001) la red de distribución de Sucúa tiene un área de cobertura de 430,97 Ha en el sector rural y 544,35 Ha en el sector urbano. Calle L. (2010) indica que la red de distribución de Santa Marianita de Jesús tiene un área de cobertura de 178 Ha. Por otra parte,

el INEC según el censo de población y vivienda realizado en el 2010, determinó que las redes de distribución alcanzaban en ese año una cobertura de 49,33% y 99,23% respectivamente en los sectores rural y urbano de Sucúa, y 69,86% en Santa Marianita de Jesús.

Como indican Fajardo C. (2001) y Calle L. (2010), las redes de distribución fueron diseñadas para cumplir los requerimientos de presión, velocidad y continuidad indicados en CPE-INEN 005-9-1 (1992); sin embargo, la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca (ETAPA-EP, 2015), determinó la existencia de un gran porcentaje de tramos de tubería con velocidades inferiores a 0,5 m/s. En condiciones normales de funcionamiento, el servicio de agua potable proporcionado a todos los usuarios de Sucúa y Santa Marianita de Jesús es continuo las 24 horas del día, con rangos de presión aceptables, registrándose los niveles más elevados en el sector sur de Sucúa, no obstante, como se mencionó previamente en el capítulo 2, el nivel de presiones en Sucúa se ve reducido cuando la línea de conducción en el río Leticia es puesta fuera de servicio debido a daños ocasionados por fuertes lluvias.

En mayo del 2016 cuando las redes de distribución de Sucúa y Santa Marianita de Jesús se combinaron, se instaló una válvula check en la tubería que conecta ambas redes para permitir el flujo de agua únicamente en sentido de Santa Marianita de Jesús a Sucúa. La tabla 32 resume los accesorios instalados en la red de distribución de ambas localidades.

Tabla 32: Resumen de accesorios instalados en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.

Accesorio	Sucúa	Santa Marianita de Jesús	Total
Válvula de cierre (D=250mm)	Desconocido	2	Desconocido
Válvula de cierre (D=63mm)	Desconocido	1	Desconocido
Válvula check (D=90mm)	0	1	1
Hidrante (D=63mm)	6	0	6
Hidrante (D=90mm)	9	0	9

Nota: Tomado de EPMAPA-S (2016).

El anexo 9 indica la configuración actual de las redes de distribución de agua potable de Sucúa y Santa Marianita de Jesús.

Es importante mencionar que a finales del año 2017 se registró un total de 4.228 micromedidores con edades máximas de 10 años, siendo las siguientes marcas las que constituyen este grupo: Bar Meters (2.382 unidades), Iberconta (1.260 unidades), Tavira (390 unidades), Dh Meters (170 unidades) y Elster (26 unidades).

Con respecto al porcentaje de pérdidas de agua potable existente en la red de distribución, la EPMAPA-S en conjunto con ETAPA-EP, realizaron una campaña de macromedición en las tuberías de salida de las plantas Nueva y Antigua de la ciudad de Sucúa durante el período del 28 al 31 de enero del 2015 por 72 horas ininterrumpidas y con intervalos de 10 minutos, para establecer el volumen de agua potable entregada a la red de distribución. La información recolectada en este proceso se resume en la tabla 33.

Tabla 33: Volúmenes entregados a la red de distribución de Sucúa.

Día	Volumen medido (m³)
Miércoles (28/01/2015)	4.344,0
Jueves (29/01/2015)	4.390,4
Viernes (30/01/2015)	4.396,0
Promedio diario	4.376,8

Nota: Tomado de ETAPA-EP, 2015.

Las entidades mencionadas al no contar con la facturación de consumos de agua potable del mes de enero del 2015, relacionaron el volumen entregado a la red de distribución de Sucúa en un día promedio (4.376,8 m³) indicado en la tabla 33 con la facturación de consumos correspondiente a los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2014, asignando dicho volumen a cada uno de los días de los meses mencionados para calcular el índice de agua no contabilizada (IANC), valor que según ETAPA-EP (2015) es ocasionado casi en su totalidad por pérdidas físicas existentes en la red de distribución y que puede ser calculado con la siguiente ecuación:

$$IANC = \frac{VM - Vm}{VM} * 100 \quad (22)$$

En donde:

IANC=Índice de agua no contabilizada, %.

VM=Volumen de agua entregado a la red de distribución según macromedición, m³.

Vm=Volumen de agua consumido por la población según facturación, m³.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 34.

Tabla 34: Índice de agua no contabilizada (IANC)

MES	VM (m3)	Vm (m3)	IANC
Octubre 2015	135.680,9	61.359,0	54,8%
Noviembre 2015	131.304,1	63.264,0	51,8%
Diciembre 2015	135.680,9	65.223,0	51,9%
Promedio 2015	134.221,97	63.282,0	52,8%

Nota: Tomado de ETAPA-EP, 2015.

Conociendo que el IANC promedio es 52,8%, la ETAPA-EP (2015) considera que el nivel de pérdidas físicas existentes en la red de distribución de la ciudad de Sucúa es aproximadamente 50%.

5.2. Criterios de diseño.

Los criterios de diseño considerados para sectorizar la red de distribución de Sucúa son los siguientes:

- **Período de diseño.**
El horizonte de diseño seleccionado para la determinación de caudales para la modelación hidráulica de la red es el año 2040; por lo tanto, el periodo de diseño es de 22 años.
- **Caudal de diseño.**
El caudal de diseño será el que ocasione el escenario más desfavorable, entre el caudal máximo horario (QMH) o a su vez la sumatoria del caudal máximo diario más el caudal para incendios (QMD + CI).
- **Coeficientes de variación del consumo.**
Se usará un coeficiente de variación del consumo de 2,0 para el QMH y de 1,5 para el QMD, los cuales se escogieron de los rangos definidos por el CPE-INEN 005-9-1 (1992).
- **Requerimientos de presión.**
Los requerimientos de presión tendrán un rango entre 10 mca y 50 mca en condiciones normales de funcionamiento.
- **Espaciamiento de válvulas de corte.**
Se instalarán válvulas de corte en líneas principales y en tramos de tubería que conecten un sector con otro (las cuales permanecerán cerradas para aislar circuitos).
- **Profundidad de excavación para instalación de tuberías.**
Los nuevos tramos de tubería serán instalados a 1,2 m de profundidad, medido desde la superficie del terreno hasta la corona del tubo.
- **Caudal de incendios.**
Se usará un hidrante de 12 l/s ubicado en el centro de la red de distribución, dado que la población servida futura es de 17.848 habitantes.

5.3. Simulación hidráulica de la red existente.

La simulación hidráulica de la red existente se realizó con el programa EPANET en su versión 2.0.12 en español. Este software modela los objetos que conforman un sistema de distribución

de agua a través de un conjunto de líneas conectadas por nudos. Los objetos pueden representar tuberías, bombas, válvulas, nudos, tanques y depósitos (EPANET 2.0.12 Users Manual, 2000).

Con la intención de emplear un período de diseño mayor al mínimo permitido por el CPE-INEN 005-9-1 (1992), se ha considerado un horizonte de diseño en el año 2040, por lo que la simulación hidráulica de la red existente se realizará para el último año en el que se dispone de registros municipales (2017) y en el horizonte de diseño (2040).

5.3.1. Componentes del sistema de abastecimiento.

Los objetos físicos del sistema de abastecimiento que se modelaron con EPANET 2.0.12 pueden apreciarse en el esquema de la configuración de la red existente del anexo 9 y son los siguientes:

a) Nudos.

Los nudos son puntos en la red de distribución que representan el cruce de tuberías, o el lugar de entrada y salida de agua. La red de distribución existente tiene 426 nudos en el área urbana de Sucúa, 184 nudos en el área rural de Sucúa y 51 nudos en el área consolidada de Santa Marianita de Jesús.

El software requiere de parámetros de elevación (cotas) y caudal de aporte al total de 661 nudos existentes en las redes de distribución de Sucúa y Santa Marianita de Jesús. El GAD Municipal de Sucúa proporcionó planimetrías de estas localidades (Anexo 7), en los cuales se definen las cotas de los nudos existentes.

El caudal medio diario en el año 2017 se determinó empleando una dotación de 187 l/hab/día que representa el promedio general de dotación neta total obtenidos a base de la población servida total (183,63 l/hab/día) y del número de habitantes por vivienda (190,24 l/hab/día) y junto a la población abastecida proyectada hasta el 2017 en base a las tasas de crecimiento del INEC.

Para determinar el caudal medio diario en el año 2040 se asumió un incremento anual de dotación de 0,5 l/hab/día a partir de la dotación de 187 l/hab/día en el año 2017, con la cual se obtuvo una dotación de 198,5 l/hab/día en el año 2040, sin embargo, se incrementó este valor a 200 l/hab/día con el objetivo de trabajar dentro del rango recomendado por el CPE-INEN 005-9-1 (1992), el cual recomienda una dotación media futura entre 200 l/hab/día y 230 l/hab/día para poblaciones entre 5.000 y 50.000 habitantes en clima cálido; además, se consideró la población total en el horizonte de diseño obtenida con la tasa promedio del método

aritmético de proyección demográfica, puesto que es muy similar a la tendencia de la proyección realizada por el INEC. La tabla 5.5 del anexo 5 indica la proyección de población servida hasta el año 2040 (horizonte de diseño), la cual se calculó con la información de la cobertura del sistema de agua potable (tabla 22) y con la proyección total de población hasta el año 2040 con la tasa promedio del método aritmético (tabla 5.1 del anexo 5).

Las tablas 35 y 36 indican los resultados obtenidos de caudal medio diario en las localidades abastecidas por la red de distribución en el año 2017 y 2040, respectivamente.

Tabla 35: Caudal medio diario en el año 2017

Localidad	Población 2017	Dotación Neta (l/hab/día)	Pérdidas físicas (%)	Dotación bruta (l/hab/día)	qmd (l/s)
Sucúa Sector Urbano	9.168	187	50%	374	39,69
Sucúa Sector Rural	2.817	187	50%	374	12,19
Santa Marianita de Jesús	775	187	50%	374	3,35
Total	12.760	187	50%	374	55,23

Tabla 36: Caudal medio diario en el año 2040

Localidad	Población 2040	Dotación Neta (l/hab/día)	Pérdidas físicas (%)	Dotación bruta (l/hab/día)	qmd (l/s)
Sucúa Sector Urbano	12.423	200	50%	400	57,51
Sucúa Sector Rural	4.139	200	50%	400	19,16
Santa Marianita de Jesús	1.024	200	50%	400	4,74
Total	17.586	200	50%	400	81,42

La dotación bruta de agua potable y el caudal medio diario (qmd) fueron calculados respectivamente con las ecuaciones (1) y (2), considerando un 50% de pérdidas físicas para la simulación en los años 2017 y 2040.

En ambos escenarios, se calculó el Caudal Máximo Diario (QMD) para distribuirlo proporcionalmente a cada nudo con el método de áreas (presentado en el capítulo 3) recomendado por Arocha S. (1977), considerando un caudal de incendio en el nudo 426 de 12 l/s recomendado por el CPE-INEN 005-9-1 (1992) para poblaciones entre 10.000 y 20.000 habitantes. El QMD fue estimado afectando el QMD por un factor de 1,33 el cual se calculó relacionando sus respectivos factores de mayoración (2,0 y 1,5).

Las tablas 8.1, 8.2 y 8.3 del anexo 8 indican la información recolectada de cotas, área de influencia y caudal de aporte a los nudos de la red de distribución con el Caudal Máximo Diario (QMD) correspondiente a los años 2017 y 2040.

b) Tuberías.

Son los elementos encargados de transportar el agua de un nudo a otro. El software las representa con líneas interconectadas entre nudos y asume que estarán llenas en todo momento. Los datos requeridos son: diámetro, longitud y rugosidad absoluta. Se ha considerado un valor de 0,0025 mm de rugosidad absoluta recomendado para tuberías de plástico PVC en EPANET 2.0.12 Users Manual (2000).

Para calcular las pérdidas por fricción en las tuberías, se configuró EPANET con la ecuación de Darcy- Weisbach (ecuación 3), debido a la exactitud que ofrece para cualquier régimen de flujo. Para el efecto se consideró una temperatura de 22°C y se introdujo los valores de peso específico relativo respecto a 4°C (0,99786) y viscosidad relativa respecto a 20°C (0,96). Según EPANET 2.0.12 Users Manual (2000) para el cálculo del caudal de fricción f se utiliza la fórmula de Hagen – Poiseuille para flujo laminar, la aproximación de Swamee y Jain de la ecuación de Colebrook – White para flujo turbulento y una interpolación del ábaco de Moody para flujo transitorio.

La red existente en Sucúa tiene 681 tramos de tubería en el área urbana y 238

tramos de tubería en el área rural; en el área consolidada de Santa Marianita de Jesús tiene 73 tramos de tubería. Las tablas 8.4, 8.5 y 8.6 del anexo 8 indican la información recolectada de diámetros y longitudes de los tramos de tubería de la red existente.

c) Tanques.

EPANET 2.0. Users Manual. (2000), p24, define a estos elementos como “Nudos con capacidad de almacenamiento, donde el volumen de agua almacenada puede variar con el tiempo a lo largo de la simulación”. La tabla 37 indica los parámetros introducidos de los tanques a ser simulados.

Tabla 37: Información de tanques de almacenamiento.

Id. Tanque	Cota (msnm)	Ubicación	Diámetro (m)	Nivel Inicial (m)	Nivel Máximo (m)	Nivel Mínimo (m)	Volumen (m³)
1	930	Sta. Marianita de Jesús	11,5	2,9	2,9	0	300
2	876	Sucúa (Planta N° 1)	13,5	3,5	3,5	0	500
3	868	Sucúa (Planta N° 2)	15,2	2,75	2,75	0	500

Se supuso que todos los tanques estaban llenos al iniciar la simulación (nivel inicial = nivel máximo) y debido a que los tres tanques de almacenamiento de la planta de tratamiento N° 2 de Sucúa están ubicados en la misma cota (868 msnm), tienen las mismas alturas (2,75 m) y

alimentan a la red de distribución a través de la misma línea, fueron reemplazados en esta simulación por el tanque de almacenamiento equivalente 3. La figura 26 compara los tres tanques de almacenamiento de la planta de tratamiento N° 2 de Sucúa con el tanque de almacenamiento 3 con el que se realizó la simulación hidráulica.

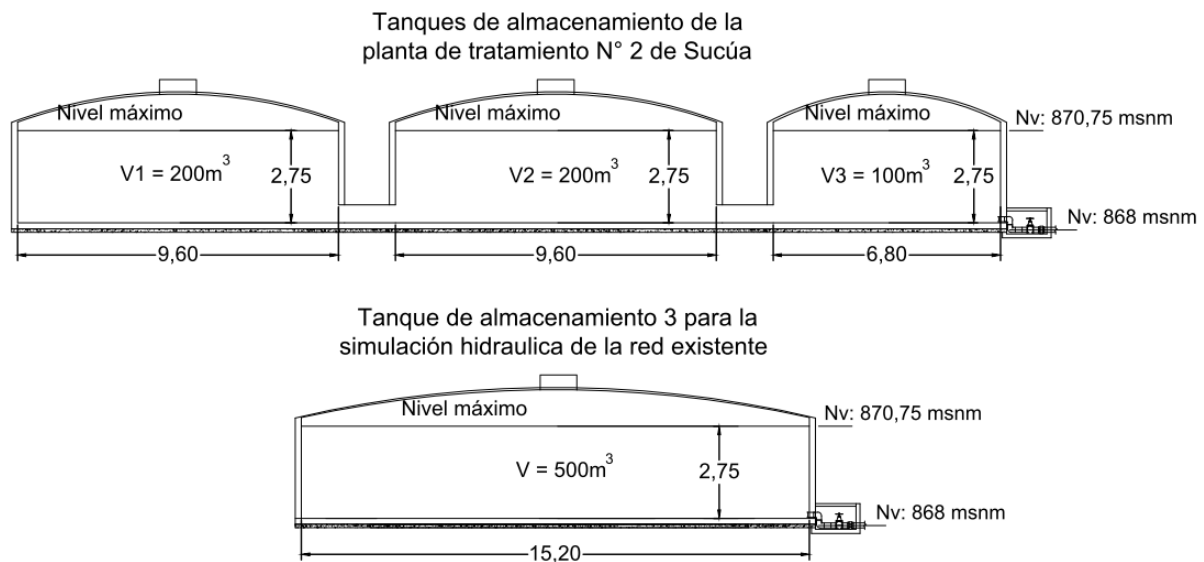


Figura 26: Comparación de los tanques de almacenamiento de la planta de tratamiento N° 2 de Sucúa con el tanque de almacenamiento 3 para la simulación hidráulica de la red existente. Elaborado por el autor.

c) Válvulas.

En el software se utilizan válvulas con el objetivo de limitar las condiciones de presión o caudal en nudos específicos del sistema de distribución. Para modelar la red existente se consideraron tres válvulas de sectorización, una válvula de retención en la línea que conecta las redes de distribución de Sucúa y Santa Marianita de Jesús y un tanque rompe presión a la salida de la planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús emplazado a 897 msnm.

5.3.2. Resultados obtenidos de la simulación hidráulica de la red existente.

5.3.2.1. Resultados para el año 2017

Las tablas 38 y 39 resumen los resultados obtenidos de presión y velocidad con la simulación hidráulica de la red existente en el año 2017 empleando el Caudal Máximo Horario (QMH) y el Caudal Máximo Diario (QMD) + Caudal de Incendio, en las que se puede apreciar que el QMH es el que genera el escenario crítico, pues las presiones que produce son menores con respecto a las del Caudal Máximo Diario (QMD) + Caudal de Incendio.

Tabla 38: Resumen de presiones y velocidades, máximas y mínimas, obtenidas con la simulación hidráulica de la red existente para el año 2017.

Caudal (l/s)	Localidad	Presión Máxima (mca)	Presión Mínima (mca)	Velocidad Máxima (m/s)	Velocidad Mínima (m/s)
QMH	Sucúa Sector Urbano	49,59	30,39	2,13	0,01
	Sucúa Sector Rural	59,01	6,91	1,5	0,01
	Santa Marianita de Jesús	33,77	12,20	1,09	0,07
QMD+CI	Sucúa Sector Urbano	50,78	34,90	1,8	0,01
	Sucúa Sector Rural	67,44	22,61	1,11	0,01
	Santa Marianita de Jesús	34,35	14,85	0,89	0,04

Tabla 39: Resumen de la cantidad de nudos y tramos para diferentes condiciones de presión y velocidad obtenidas con la simulación hidráulica de la red existente para el año 2017.

Parámetro	QMH			QMD+CI		
	Sucúa Sector Urbano	Sucúa Sector Rural	Santa Marianita de Jesús	Sucúa Sector Urbano	Sucúa Sector Rural	Santa Marianita de Jesús
Nudos con presión mayor a 50 mca	0	2	0	1	16	0
Nudos con presión entre 10 mca y 50 mca	426	181	51	425	168	51
Nudos con presión menor a 10 mca	0	1	0	0	0	0
Tramos con velocidad mayor a 1 m/s	22	13	1	15	4	0
Tramos con velocidad entre 0,5 m/s y 1 m/s	254	33	36	209	26	27
Tramos con velocidad menor a 0,5 m/s	405	192	36	457	208	46

La figura 27 presenta gráficamente los rangos de presión obtenidos al simular el escenario crítico (QMH) de la red existente para el año 2017, en donde se puede apreciar que los rangos de presión están dentro de los recomendados por el CPE-INEN 005-9-1 (1992).

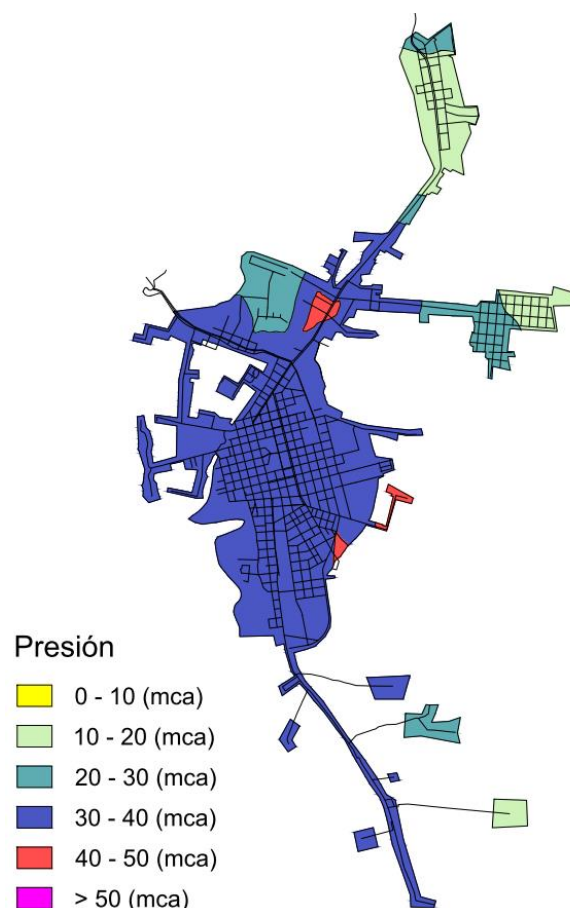


Figura 27: Rango de presiones de la red existente en el escenario crítico del año 2017. Elaborado por el autor.

5.3.2.2. Resultados para el año 2040

Las tablas 40 y 41 resumen los resultados obtenidos de presión y velocidad con la simulación hidráulica de la red existente en el año 2040 empleando el Caudal Máximo Horario (QMH) y el Caudal Máximo Diario (QMD) + Caudal de Incendio, en las que se puede apreciar que algunos sectores de la red de distribución quedarán desabastecidos debido a presiones negativas y el nivel de servicio en otros será insuficiente por no contar con la presión mínima recomendada por el CPE-INEN 005-9-1 (1992). De igual manera el QMH es el que genera el escenario crítico, pues las presiones que produce son menores con respecto a las del Caudal Máximo Diario (QMD) + Caudal de Incendios.

Tabla 40: Resumen de presiones y velocidades, máximas y mínimas, obtenidas con la simulación hidráulica de la red existente para el año 2040.

Caudal (l/s)	Localidad	Presión Máxima (mca)	Presión Mínima (mca)	Velocidad Máxima (m/s)	Velocidad Mínima (m/s)
QMH	Sucúa Sector Urbano	29,89	-5,27	3,16	0,01
	Sucúa Sector Rural	39,79	-119,89	2,50	0,01
	Santa Marianita de Jesús	32,13	4,14	1,54	0,09
QMD+CI	Sucúa Sector Urbano	38,98	17,59	2,95	0,01
	Sucúa Sector Rural	48,19	-37,17	1,88	0,01
	Santa Marianita de Jesús	33,30	9,62	1,15	0,07

Tabla 41: Resumen de la cantidad de nudos y tramos para diferentes condiciones de presión y velocidad obtenidas con la simulación hidráulica de la red existente para el año 2040.

Parámetro	QMH			QMD+CI		
	Sucúa Sector Urbano	Sucúa Sector Rural	Santa Marianita de Jesús	Sucúa Sector Urbano	Sucúa Sector Rural	Santa Marianita de Jesús
Nudos con presión mayor a 50 mca	0	0	0	0	0	0
Nudos con presión entre 10 mca y 50 mca	387	90	40	426	114	51
Nudos con presión menor a 10 mca	39	94	11	0	70	0
Tramos con velocidad mayor a 1 m/s	158	32	14	84	18	4
Tramos con velocidad entre 0,5 m/s y 1 m/s	244	31	36	270	34	39
Tramos con velocidad menor a 0,5 m/s	279	175	23	327	186	30

La figura 28 presenta gráficamente los rangos de presión obtenidos al simular el escenario crítico (QMH) de la red existente para el año 2040, en donde se aprecia que no todos los sectores cumplen la recomendación del CPE-INEN 005-9-1 (1992).

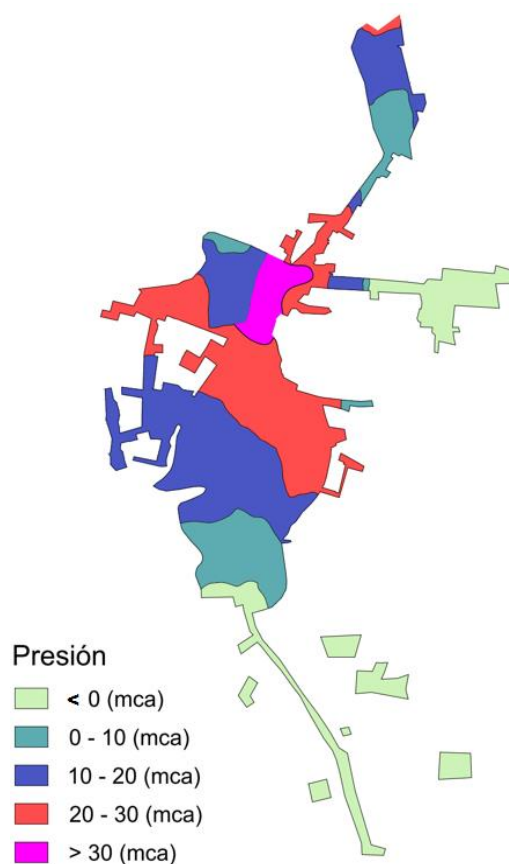


Figura 28: Rango de presiones de la red existente en el escenario crítico del año 2040. Elaborado por el autor.

La simulación hidráulica de la red existente permitió determinar las presiones que se tendrían en el horizonte de diseño. La presión más baja tiene un valor crítico de -119,89 mca y se produce en el nudo 528, situado al sur de la red de distribución de Sucúa, posiblemente debido a la existencia de tramos de tubería de longitud considerable (3,9 km del nudo 132 al nudo 528) y diámetros bajos (40, 50 y 63 mm).

El nivel de presiones generadas en el horizonte de diseño es inaceptable, por lo que las propuestas de diseño para sectorizar la red de distribución de Sucúa, considerarán las modificaciones necesarias para cumplir los requerimientos recomendados por el CPE-INEN 005-9-1 (1992) especialmente en los referidos a niveles de presión.

5.4. Concepción general y alternativas de sectorización.

5.4.1. Concepción general.

La sectorización debe adaptarse a las condiciones actuales de la red de distribución, de tal manera que se reduzca el monto de las inversiones requeridas.

El sistema de distribución cuenta con dos fuentes de abastecimiento que serán compartidas por los sectores propuestos a través de las líneas de alimentación existentes. Para sectorizar la red de distribución, se realizaron desconexiones en tramos estratégicos de tubería, se implementaron válvulas de cierre en tuberías que actualmente vinculan un sector con otro y se consideraron únicamente los tramos nuevos de tubería que fueron sumamente necesarios.

Debido a que la capacidad de producción de la planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús no contempló la unión de las redes de distribución de Sucúa y Santa Marianita de Jesús, se las consideró nuevamente como redes independientes en las alternativas de sectorización, conservando la configuración de sectorización implementada por la EPMAPA-S en la red Santa Marianita de Jesús y enfocando los esquemas de sectorización únicamente en la red de Sucúa.

ETAPA- EP (2015) recomendó cesar el funcionamiento de la planta de tratamiento antigua de Sucúa, para reemplazarla por una nueva, la cual dispondrá de un tanque de reserva de 500 m³ en la cota 940 msnm. La EPMAPA-S planea la construcción de dicha planta en el año 2020, por lo que se simuló el comportamiento hidráulico de la red sectorizada con un tanque de reserva ubicado en la cota 940 msnm, reemplazando al ubicado en la cota 868 msnm correspondiente al de la planta de tratamiento antigua de Sucúa.

Se simulará únicamente el escenario crítico de las propuestas de sectorización, el cual se genera según la simulación hidráulica de la red existente en el horizonte de diseño, al emplear el QMH.

Para facilitar la comprensión de las alternativas propuestas, a continuación se referirá a válvulas de sectorización (V.C.) como válvulas de cierre que permanecerán cerradas y como válvulas de operación (V.O.) a válvulas de cierre que podrán abriese o cerrarse a conveniencia para suspender o restablecer el servicio de agua potable a un sector específico.

5.4.1.1. Alternativa 1.

Con el propósito de conservar el trazado actual de la red de distribución, en esta alternativa se usarán solamente válvulas de cierre. La red actual presenta doble tubería conectada entre sí mediante tramos cortos de tubería en cada intersección de calle a lo largo de la Av. Oriental, en donde se deberán instalar válvulas de sectorización (V.C.) con el objetivo de formar dos sectores: sector 2 (S2) y sector 3 (S3). De la misma manera, instalando estas válvulas en las fronteras norte y sur de los sectores 2 y 3 se formarán dos sectores adicionales: sector 1 (S1) y sector 4 (S4). Adicionalmente, se instalarán válvulas de operación (V.O.) en las líneas de abastecimiento, las cuales servirán para cortar el suministro de agua a sectores específicos. La figura 29 indica la forma de alimentar los sectores formados. La tabla 42 indica las características de cada sector, la longitud de tubería nueva a instalar y el número de válvulas entre sectores; el esquema 10.1 del anexo 10 muestra la configuración propuesta para la alternativa 1.

Tabla 42: Características de los sectores formados con la alternativa 1.

Parámetro	Indefinido	S1	S2	S3	S4
Número de nudos		37	281	185	25
Número de tramos		40	432	302	25
Longitud de tubería (m)		7.193,55	42.819,39	32.225,69	10.353,22
Válvulas de cierre	2	5	26	1	
Tubería nueva (m)		202,20	4.566,04	1.987,17	4.749,30

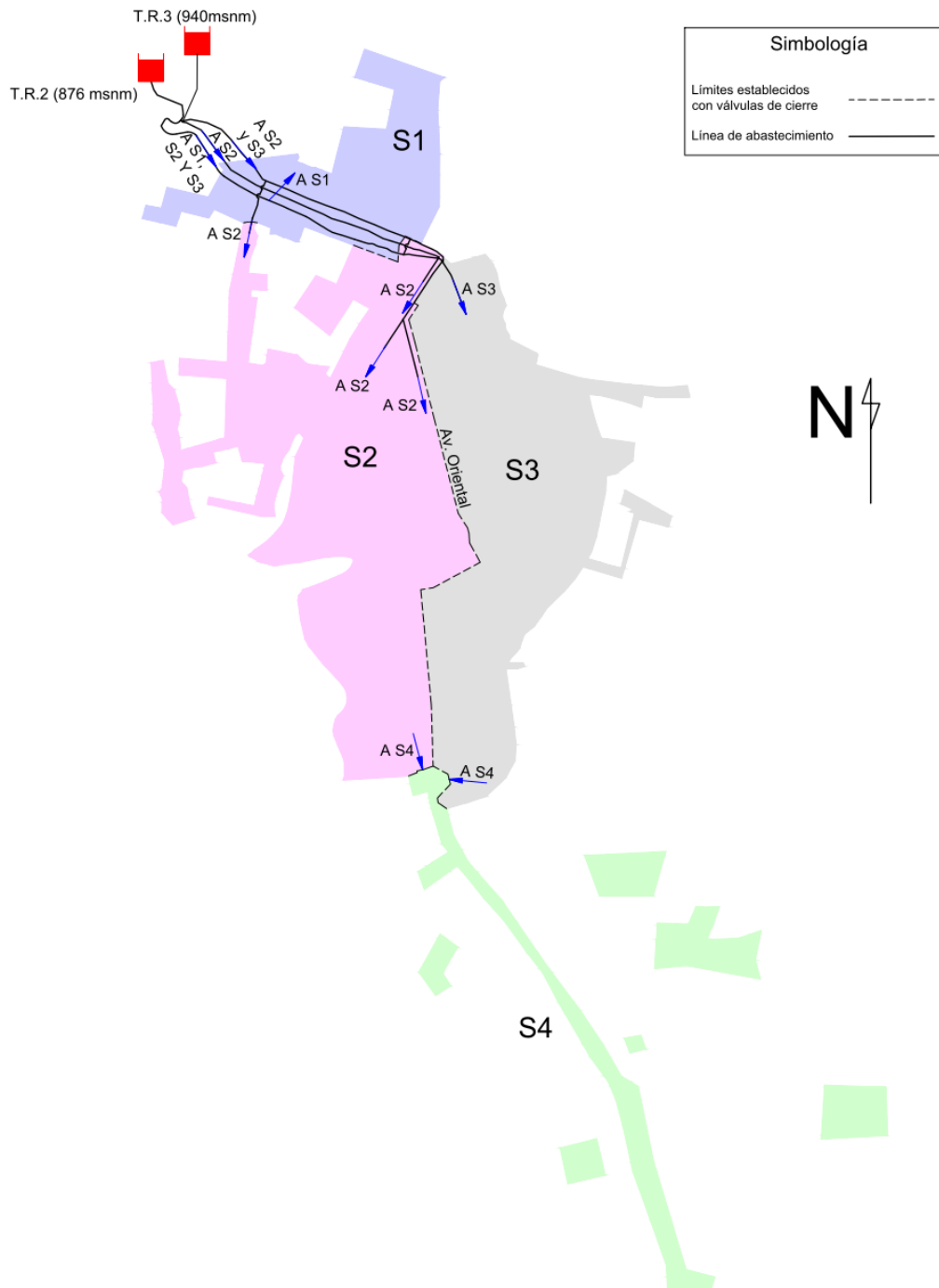


Figura 29: Esquema general y sectores formados con la alternativa. Elaborado por el autor.

5.4.1.2. Subalternativa 1.1

Debido a que la alternativa 1 no contempla cambios en el trazado de la red de distribución, la alimentación a cada sector se logra mediante varias líneas. Se ha planteado la subalternativa 1.1 que reduce las líneas con las que se alimenta cada sector formado, realizando variaciones en ciertos nudos, instalando válvulas de operación al inicio de las líneas de alimentación y cambiando la posición de algunas válvulas de cierre entre los sectores 2 y 3. Las variaciones

La tabla 43 indica las características de cada sector, la longitud de tubería nueva a instalar y el número de válvulas entre sectores.

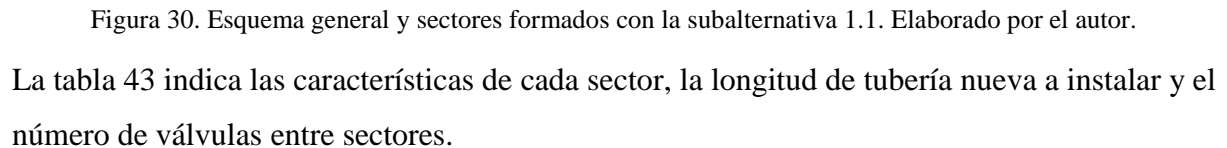


Tabla 43: Características de los sectores formados con la subalternativa 1.1

Parámetro	Indefinido	S1	S2	S3	S4
Número de nudos		37	256	210	25
Número de tramos		40	392	342	25
Longitud de tubería (m)		7.193,55	39.943,05	35.102,03	10.353,22
Válvulas de cierre	10			23	1
Tubería nueva (m)		1.708,71	1.646,60	1.988,10	4.610,60

5.4.1.3. Alternativa 2.

En esta alternativa, la alimentación a los sectores formados, será a través de una línea principal constituida por tubería nueva de 250 mm de diámetro, que tendrá un mínimo número de conexiones con líneas secundarias provistas de válvulas de operación que dirigirán el agua potable y permitirán, o no, su ingreso al respectivo sector que suministran. Se diseñarán los mismos sectores formados en la alternativa uno, sustituyendo la instalación de válvulas de sectorización en los tramos de frontera entre el sector 2 y 3 (S2 y S3) por las desconexiones de dichos tramos; además se implementarán válvulas de sectorización en el resto de tramos que conecten un sector con otro. Se aprovecharán las tres líneas de abastecimiento que se originan en la salida de la planta de tratamiento: dos con tubería de 250 mm y una con tubería de 63 mm. Una de las líneas de 250 mm alimentará al Sector 1 (S1) y posteriormente se inhabilitará junto a su homóloga de 250 mm a partir del punto en donde la línea principal será implementada, la cual tendrá un trazado a través de la zona central de Sucúa, entre las fronteras de los sectores 2 y 3 (S2 y S3), hasta empatar con la tubería existente del Sector 4 (S4). La línea de alimentación de 63 mm complementará el suministro al Sector (S2). La configuración de esta alternativa puede apreciarse en el esquema 10.3 del anexo 10. La tabla 44 recopila los parámetros de cada sector formado, la longitud de tubería nueva a instalar y el número de válvulas entre sectores; la figura 31 indica la forma en que se alimentan.

Tabla 44: Características de los sectores formados con la alternativa 2.

Parámetro	Indefinido	S1	S2	S3	S4
Número de nudos		37	281	185	25
Número de tramos		40	432	302	25
Longitud de tubería (m)		7.193,55	42.819,39	32.225,69	10.353,22
Válvulas de cierre	3	5	5		
Tubería nueva (m)		202,20	2.023,78	3.950,95	460,69
					699,17

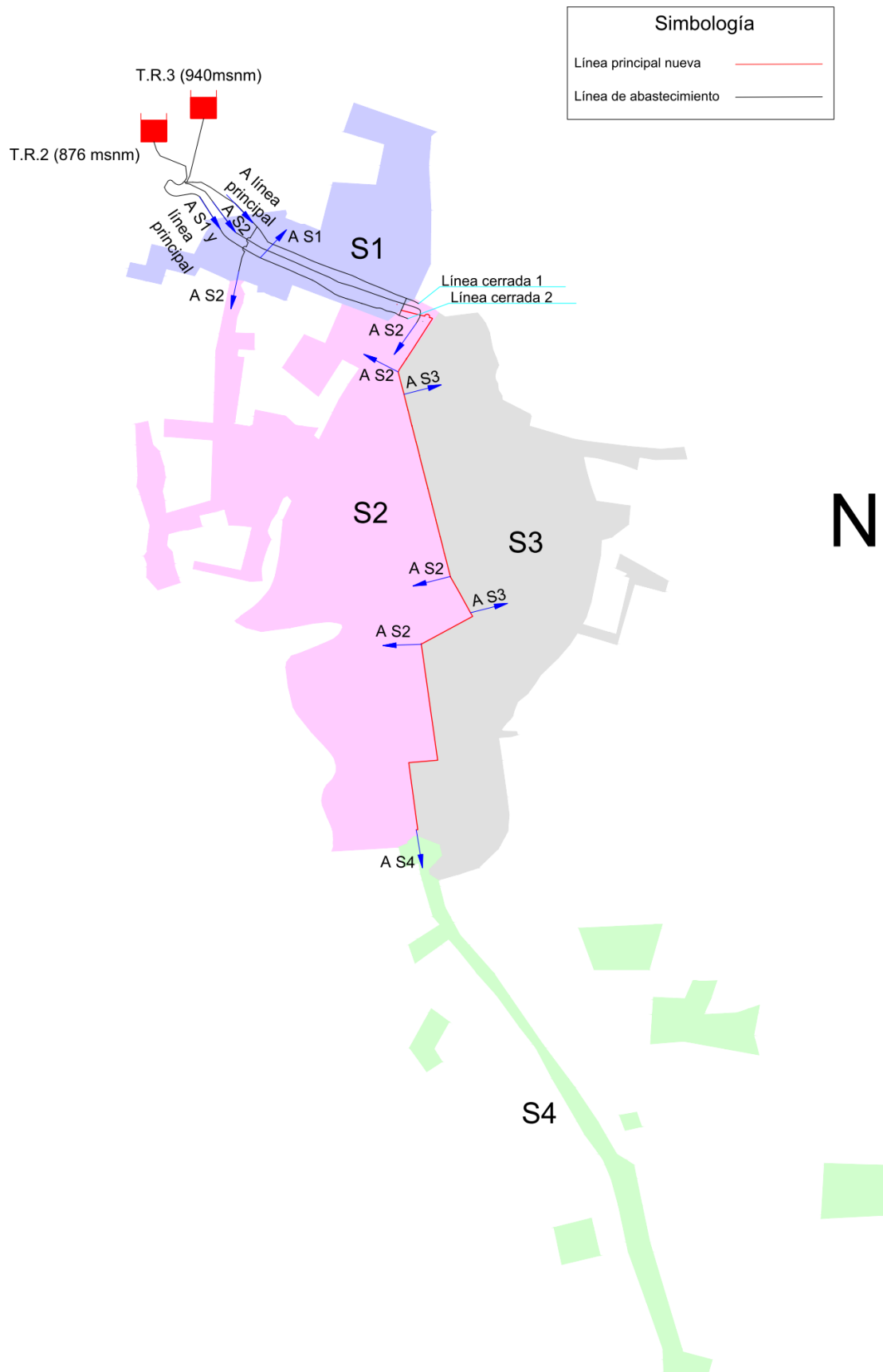


Figura 31: Esquema general y sectores formados con la alternativa 2. Elaborado por el autor.

5.4.1.4. Alternativa 3

El diseño de sectorización de esta alternativa conservará al sector 1 (S1) propuesto en las alternativas anteriores y creará 4 sectores adicionales dispuestos uno a continuación del otro (de norte a sur), para aprovechar la topografía descendente de Sucúa. El sector 2 (S2) se separará del sector 1 (S1) mediante la implementación de válvulas de operación, y del sector 3 (S3) realizando una serie de desconexiones a lo largo de tramos de tubería en la calle Efrén Zúñiga, la cual posee doble tubería al igual que la Av. Oriental. Los tramos a desconectarse son relativamente cortos (1,3 m). El sector 3 (S3) se separará del sector 4 (S4) instalando válvulas de sectorización a lo largo de la calle Rosendo Torres y la vía al Upano. Finalmente se eliminará la única conexión hidráulica existente entre los sectores 4 y 5 (S4y S5) para lograr un funcionamiento independiente satisfactorio de todos los sectores formados.

Para abastecer los 5 sectores formados se implementará una nueva línea principal (línea principal 2) de 250 mm en la intersección entre la Av. Carlos Julio Arosemena y Av. 2000, la cual tendrá un trazado a lo largo de la Av. 2000 y estará junto a la línea existente de 250 mm (línea principal 1). Estas líneas tendrán conexión hidráulica entre sí solamente en la entrada y salida de cada sector, en donde se instalarán válvulas de operación sobre la línea principal 1. El esquema de esta alternativa se indica en el esquema 10.4 del anexo 10; la tabla 45 muestra las características de los sectores, la longitud de tubería nueva a instalar y el número de válvulas entre sectores; y, la figura 32 indica la forma en que se alimentan.

Tabla 45: Características de los sectores formados con la alternativa 3.

Parámetro	Indefinido	S1	S2	S3	S4	S5
Número de nudos		37	96	223	147	25
Número de tramos		40	147	315	272	25
Longitud de tubería (m)		7.193,55	14.503,91	36.430,54	24.110,63	10.353,22
Válvulas de cierre		3	3	5	13	1
Desconexiones	2			8		
Tubería nueva (m)		202,20	716,68	3.111,33	4.739,84	601,29

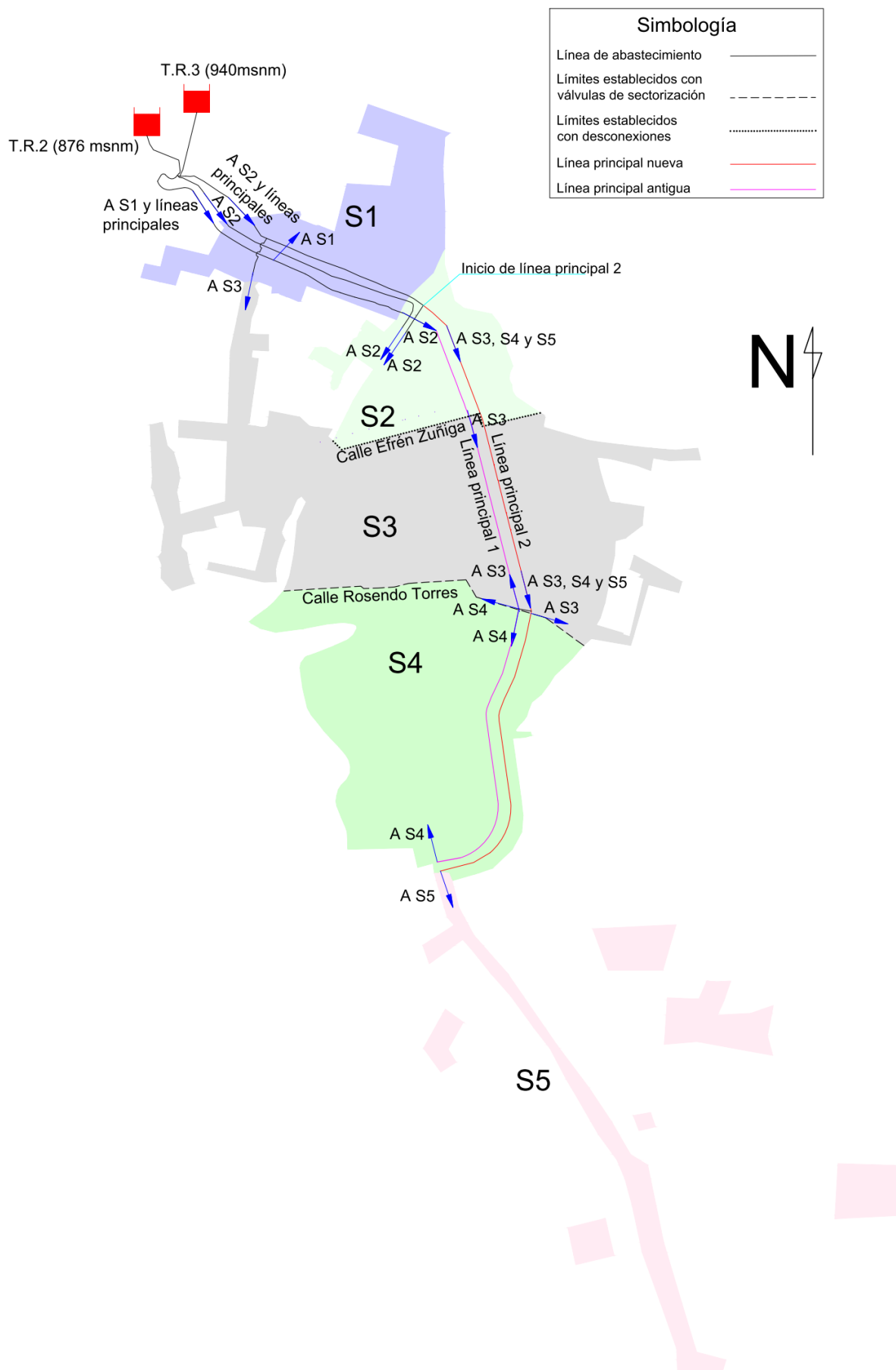


Figura 32: Esquema general y sectores formados con la alternativa 3. Elaborado por el autor.

5.5. Simulación hidráulica de la red sectorizada.

La simulación hidráulica de cada una de las alternativas se llevó a cabo con EPANET 2.0.12, de igual manera como se realizó la simulación hidráulica de la red actual, considerando el caudal de demanda de cada uno de los nudos, correspondiente al horizonte de diseño (año 2040).

Al no tener certeza del porcentaje de pérdidas físicas en el horizonte de diseño, se consideraron tres escenarios, los cuales dependerán de las actividades que la EPMAPA-S realice durante el período de diseño con el propósito de reducirlas. Los escenarios considerados son los siguientes:

- Escenario pesimista: no considera actividades de reducción de pérdidas físicas por lo que su porcentaje incrementó a 65%.
- Escenario intermedio: consideró actividades de reducción de pérdidas físicas, logrando mantener un porcentaje constante de 50%, que corresponde al estimado en el año 2017.
- Escenario optimista: considera intensas intervenciones de reducción de pérdidas físicas, logrando reducir su porcentaje a 35%.

Para el escenario intermedio exclusivamente se introdujeron modificaciones en diámetros y longitudes hasta conseguir el cumplimiento de los niveles de presión recomendados por el CPE-INEN 005-9-1 (1992). Esta configuración lograda en cada alternativa, se utilizó para simular la red con los escenarios optimista y pesimista, para conocer su comportamiento frente a diferentes niveles de pérdidas físicas. Como se observará en los resultados, en el escenario pesimista (65% de pérdidas físicas), el cual incrementó notoriamente el caudal de los nudos para cubrir la demanda con ese nivel de pérdida en la red, produce presiones negativas en ciertos nudos, lo que evidencia que la red dimensionada para el escenario intermedio, no soportaría tan altos niveles de pérdidas.

Con la información disponible se calculó el caudal medio diario en las localidades abastecidas por la red de distribución de Sucúa. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 46.

Tabla 46: Caudal medio diario (qmd) en el horizonte de diseño (2040)

Localidad	Población 2040	Dotación Neta (l/hab/día)	Pérdidas físicas (%)	Dotación bruta (l/hab/día)	qmd (l/s)
Sucúa Sector Urbano	12.423	200	50%	400	57,31
Sucúa Sector Rural	4.396	200	50%	400	20,35
Total	16.819	200	50%	400	77,66

Se distribuyó el Caudal Máximo Diario (QMD) calculado a partir del caudal medio diario (qmd) a cada uno de los nudos de la red de distribución de Sucúa, con el mismo procedimiento descrito en el subcapítulo 5.3 (Simulación hidráulica de la red existente) el cual se afectó mediante factores de variación de demanda de 1,03, 1,33 y 1,9 que simulan respectivamente el Caudal Máximo Horario (QMH) de los escenarios optimista, intermedio y pesimista, los cuales se calcularon con la siguiente ecuación:

$$F.Vr = \frac{FQMH}{FQMD} * \frac{Dbr}{Db50} \quad (23)$$

En donde:

F.Vr = factor de variación de demanda.

FQMH = factor de Caudal Máximo Horario (2).

FQMD = factor de Caudal Máximo Diario (1,5).

Dbr = dotación bruta considerando las pérdidas físicas del escenario de salida, pudiendo ser: Db65 = 571,43 l/hab/día; Db50 = 400 l/hab/día; Db35 = 307,69 l/hab/día.

Db50 = dotación bruta considerando un nivel de pérdidas del 50% (400 l/hab/día).

Entonces:

$$F.Optimista (35\%) = \frac{2}{1,5} * \frac{307,69}{400} = 1,03$$

$$F.intermedio (50\%) = \frac{2}{1,5} * \frac{400}{400} = 1,33$$

$$F.Pesimista (65\%) = \frac{2}{1,5} * \frac{571,43}{400} = 1,9$$

Para la obtención de los valores de presión dentro de los rangos recomendados por la CPE-INEN 005-9-1 (1992) se vió necesario reemplazar algunos tramos de tubería por otros de mayor diámetro e instalar válvulas reductoras de presión. Estos cambios pueden apreciarse en los esquemas que corresponden a cada alternativa en el anexo 10. Los resultados obtenidos en las simulaciones hidráulicas se resumen en las siguientes tablas y figuras:

Tabla 47: Resumen de presiones y velocidades, máximas y mínimas, obtenidas con la simulación hidráulica de la alternativa 1 de sectorización.

Escenario	Parámetro	S1	S2	S3	S4
Optimista	Presión Máxima (mca)	35	53,1	46,62	69,82
	Presión Mínima (mca)	14,76	20	25,21	39,48
	Velocidad Máxima (m/s)	1,12	1,75	1,13	1,03
	Velocidad Mínima (m/s)	0,01	0,01	0,01	0,04
Intermedio	Presión Máxima (mca)	35	43,27	42,11	48,57
	Presión Mínima (mca)	10,36	20	19,99	30,89
	Velocidad Máxima (m/s)	1,34	2,28	1,46	1,33
	Velocidad Mínima (m/s)	0,01	0,01	0,01	0,06
Pesimista	Presión Máxima (mca)	35	31,22	30,94	21,87
	Presión Mínima (mca)	-0,59	0,17	7,13	-12,54
	Velocidad Máxima (m/s)	1,78	3,30	2,10	1,90
	Velocidad Mínima (m/s)	0,01	0,01	0,01	0,08

Tabla 48: Resumen de la cantidad de nudos y tramos para diferentes condiciones de presión y velocidad obtenidas con la simulación hidráulica de la alternativa 1 de sectorización.

Parámetro	Escenario optimista		Escenario intermedio		Escenario pesimista	
	Sucúa Sector Urbano	Sucúa Sector Rural	Sucúa Sector Urbano	Sucúa Sector Rural	Sucúa Sector Urbano	Sucúa Sector Rural
Nudos con presión mayor que 50 mca	0	23	0	0	0	0
Nudos con presión entre 10 mca y 50 mca	426	76	426	99	322	65
Nudos con presión menor que 10 mca	0	0	0	0	104	34
Tramos con velocidad mayor que 1 m/s	38	7	83	15	152	31
Tramos con velocidad entre 0,5 m/s y 1 m/s	127	26	141	25	158	19
Tramos con velocidad menor que 0,5 m/s	516	87	457	80	371	70

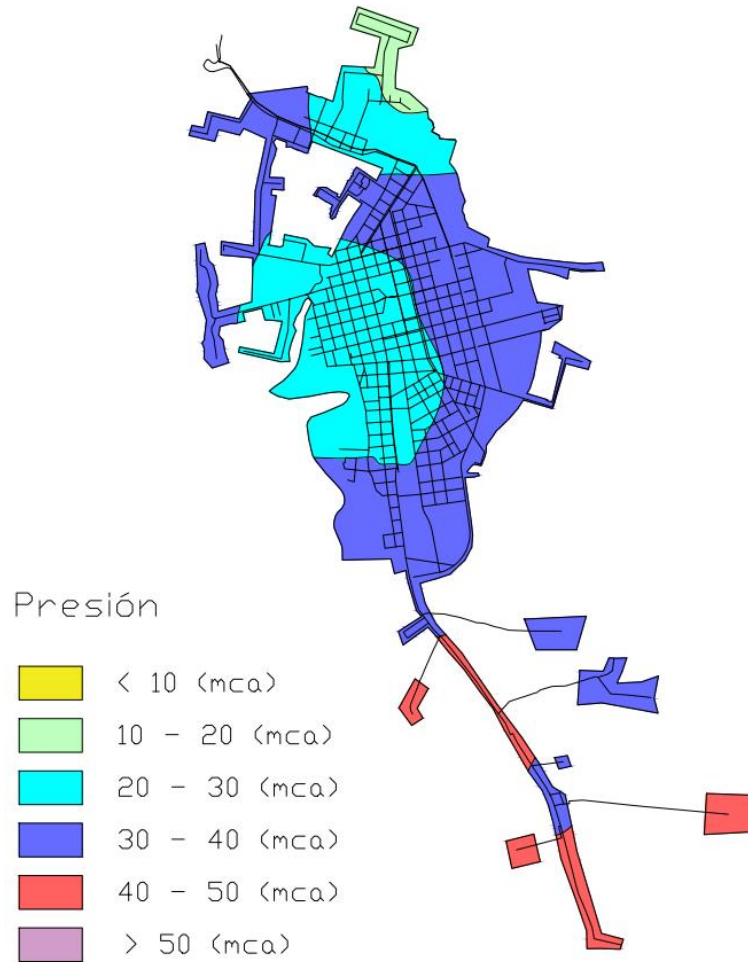


Figura 33: Rango de presiones de la red sectorizada con la alternativa 1. Elaborado por el autor.

Tabla 49: Resumen de presiones y velocidades, máximas y mínimas, obtenidas con la simulación hidráulica de la subalternativa 1.1 de sectorización.

Escenario	Parámetro	S1	S2	S3	S4
Optimista	Presión Máxima (mca)	35	56,1	45,12	69,79
	Presión Mínima (mca)	14,76	20	24,91	39,45
	Velocidad Máxima (m/s)	1,12	1,82	1,12	1,03
	Velocidad Mínima (m/s)	0,01	0,01	0,01	0,04
Intermedio	Presión Máxima (mca)	35	45,27	41,18	48,61
	Presión Mínima (mca)	10,36	20	18,87	30,92
	Velocidad Máxima (m/s)	1,34	2,35	1,41	1,32
	Velocidad Mínima (m/s)	0,01	0,01	0,01	0,06
Pesimista	Presión Máxima (mca)	35	32,22	29,88	21,74
	Presión Mínima (mca)	-0,59	0,67	6,91	-12,61
	Velocidad Máxima (m/s)	1,78	3,65	2,10	1,90
	Velocidad Mínima (m/s)	0,01	0,01	0,01	0,08

Tabla 50: Resumen de la cantidad de nudos y tramos para diferentes condiciones de presión y velocidad obtenidas con la simulación hidráulica de la subalternativa 1.1 de sectorización.

Parámetro	Escenario optimista		Escenario intermedio		Escenario pesimista	
	Sucúa Sector Urbano	Sucúa Sector Rural	Sucúa Sector Urbano	Sucúa Sector Rural	Sucúa Sector Urbano	Sucúa Sector Rural
Nudos con presión mayor que 50 mca	1	21	0	0	0	0
Nudos con presión entre 10 mca y 50 mca	425	78	426	99	37	30
Nudos con presión menor que 10 mca	0	0	0	0	389	69
Tramos con velocidad mayor que 1 m/s	75	10	115	16	165	23
Tramos con velocidad entre 0,5 m/s y 1 m/s	107	14	113	14	153	16
Tramos con velocidad menor que 0,5 m/s	499	96	453	90	363	81

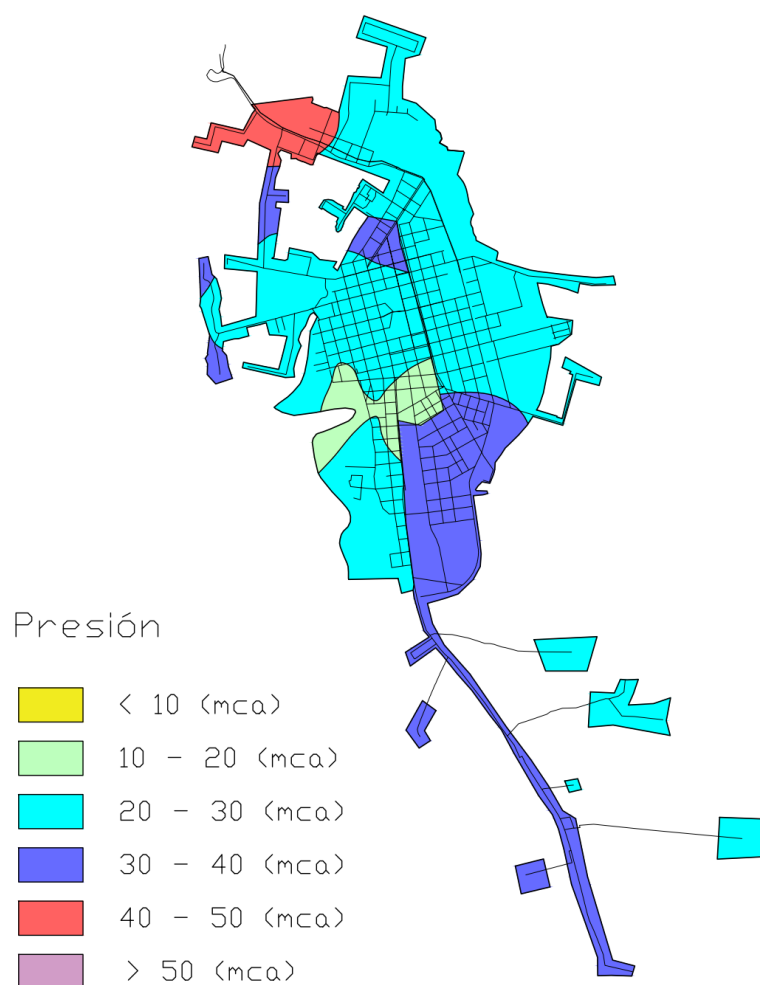


Figura 34: Rango de presiones de la red sectorizada con la subalternativa 1.1 Elaborado por el autor.

Tabla 51 Resumen de presiones y velocidades, máximas y mínimas, obtenidas con la simulación hidráulica de la alternativa 2 de sectorización.

Escenario	Parámetro	S1	S2	S3	S4
Optimista	Presión Máxima (mca)	50	54,66	50,33	66,64
	Presión Mínima (mca)	20	29,75	26,63	48,25
	Velocidad Máxima (m/s)	1,43	2,21	3,23	1,21
	Velocidad Mínima (m/s)	0,01	0,01	0,01	0,04
Intermedio	Presión Máxima (mca)	50	38,44	37,27	42,70
	Presión Mínima (mca)	24,88	13,66	11,93	17,44
	Velocidad Máxima (m/s)	1,81	2,86	4,16	1,56
	Velocidad Mínima (m/s)	0,01	0,01	0,01	0,05
Pesimista	Presión Máxima (mca)	50	25,74	20,06	-3,76
	Presión Mínima (mca)	12,04	-37,37	-24,31	-58,33
	Velocidad Máxima (m/s)	2,58	4,09	5,91	2,22
	Velocidad Mínima (m/s)	0,01	0,01	0,01	0,08

Tabla 52: Resumen de la cantidad de nudos y tramos para diferentes condiciones de presión y velocidad obtenidas con la simulación hidráulica de la alternativa 2 de sectorización.

Parámetro	Escenario optimista		Escenario intermedio		Escenario pesimista	
	Sucúa Sector Urbano	Sucúa Sector Rural	Sucúa Sector Urbano	Sucúa Sector Rural	Sucúa Sector Urbano	Sucúa Sector Rural
Nudos con presión mayor que 50 mca	1	21	0	0	0	0
Nudos con presión entre 10 mca y 50 mca	425	78	426	99	29	23
Nudos con presión menor que 10 mca	0	0	0	0	397	76
Tramos con velocidad mayor que 1 m/s	33	15	69	22	131	30
Tramos con velocidad entre 0,5 m/s y 1 m/s	108	18	116	16	159	16
Tramos con velocidad menor que 0,5 m/s	540	87	496	82	391	74

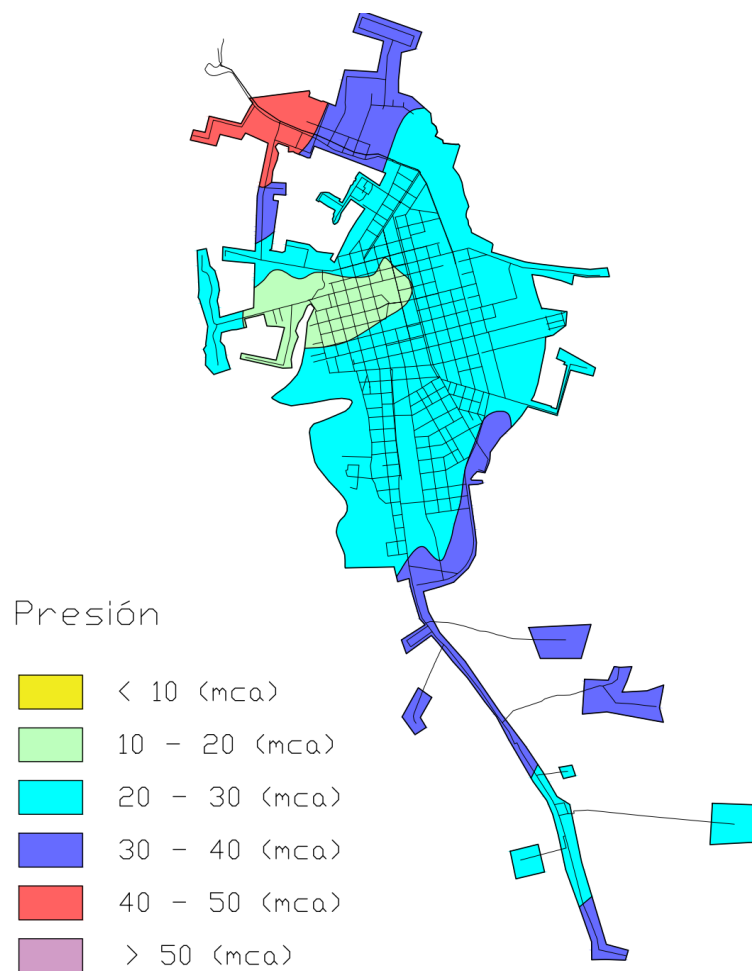


Figura 35: Rango de presiones de la red sectorizada con la alternativa 2. Elaborado por el autor.

Tabla 53: Resumen de presiones y velocidades, máximas y mínimas, obtenidas con la simulación hidráulica de la alternativa 3 de sectorización.

Escenario	Parámetro	S1	S2	S3	S4	S5
Optimista	Presión Máxima (mca)	36	42,17	57,35	54,93	69,80
	Presión Mínima (mca)	17,26	31,94	24,24	33,17	40,80
	Velocidad Máxima (m/s)	1,66	1,33	1,84	1,09	1,23
	Velocidad Mínima (m/s)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
Intermedio	Presión Máxima (mca)	36,31	40,13	47,61	49,58	46,74
	Presión Mínima (mca)	12,78	29,76	16,40	25,17	21,19
	Velocidad Máxima (m/s)	2,09	2,70	2,86	1,41	1,58
	Velocidad Mínima (m/s)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06
Pesimista	Presión Máxima (mca)	36	35,10	35,90	36,38	16,96
	Presión Mínima (mca)	1,66	24,36	-2,87	3,04	-40,29
	Velocidad Máxima (m/s)	2,94	2,46	4,05	2,02	2,26
	Velocidad Mínima (m/s)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08

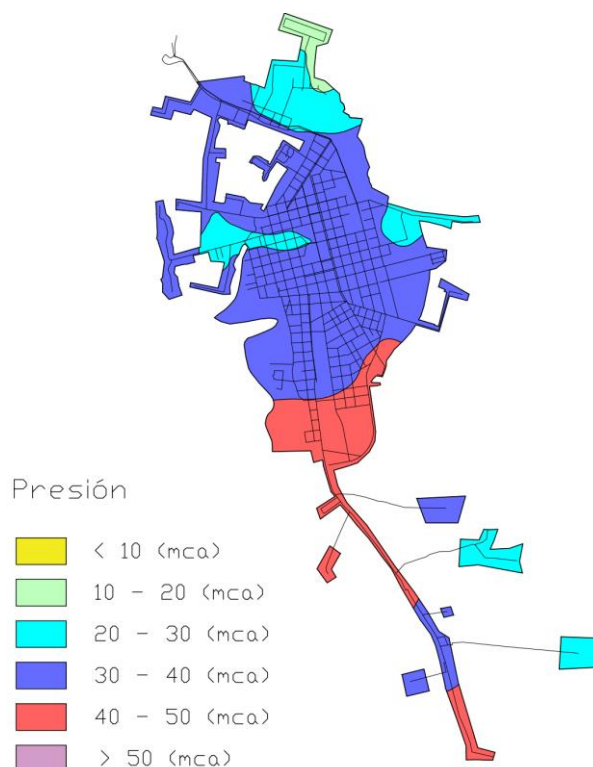


Figura 36: Rango de presiones de la red sectorizada con la alternativa 3. Elaborado por el autor.

Tabla 54: Resumen de la cantidad de nudos y tramos para diferentes condiciones de presión y velocidad obtenidas con la simulación hidráulica de la alternativa 3 de sectorización.

Parámetro	Escenario optimista		Escenario intermedio		Escenario pesimista	
	Sucúa Sector Urbano	Sucúa Sector Rural	Sucúa Sector Urbano	Sucúa Sector Rural	Sucúa Sector Urbano	Sucúa Sector Rural
Nudos con presión mayor que 50 mca	2	26	0	0	0	0
Nudos con presión entre 10 mca y 50 mca	424	73	426	99	417	65
Nudos con presión menor que 10 mca	0	0	0	0	9	34
Tramos con velocidad mayor que 1 m/s	15	5	28	15	75	31
Tramos con velocidad entre 0,5 m/s y 1 m/s	74	28	113	25	139	18
Tramos con velocidad menor que 0,5 m/s	592	87	540	80	467	71

5.6. Selección de esquema de sectorización.

Al evidenciar que todas las alternativas de sectorización propuestas presentan un rango de presiones y velocidades similares, la selección se realizará con el criterio de mínimo costo, para la cual se estimó el presupuesto de cada una de ellas. Las siguientes tablas muestran los presupuestos referenciales para cada una de las alternativas.

Tabla 55: Presupuesto referencial aproximado de la alternativa 1.

Cód.	Descripción	U	Cant.	P.U.	P.T.
1	Excavación retroexcavadora, zanja 0-2 m, material sin clasificar.	m³	15.716,85	3,86	60.667,04
2	Rasanteo de zanja a mano	m²	11.504,48	0,48	5.522,15
5	Suministro tubo de hormigón D=600 mm, Clase 2	m	53,20	56,40	3.000,48
6	Suministro e instalación tapa de hormigón D=700 mm, con platina	u	38,00	32,40	1.231,20
7	Suministro e instalación brocal prefabricado	u	38,00	50,40	1.915,20
8	Instalación tubo de hormigón D=600 mm, Clase 2	m	53,20	8,36	444,75
9	Rotura de asfalto, espesor 4"	m²	3.920,11	5,04	19.757,35
10	Reposición calzada de asfalto	m³	392,01	203,28	79.688,00
13	Suministro e instalación tubería PVC d = 63 mm, E/C 0,8 MPA	ml	3.752,76	4,03	15.123,62
14	Suministro e instalación tubería PVC d = 90 mm, E/C 0,8 MPA	ml	720,92	6,77	4.880,63
15	Suministro e instalación tubería PVC d = 110 mm, E/C 0,8 MPA	ml	1.053,81	9,85	10.380,03
16	Suministro e instalación tubería PVC d = 250 mm, E/C 0,8 MPA	ml	5.976,99	22,25	132.988,03
21	Suministro e instalación válvula HF D=63 mm	u	24,00	102,00	2.448,00
23	Suministro e instalación válvula HF D=110 mm	u	4,00	204,00	816,00
24	Suministro e instalación válvula HF D=250 mm	u	6,00	1.020,00	6.120,00
25	Suministro e instalación válvula reductora de presión HF D=250 mm	u	2,00	1.425,00	2.850,00
26	Suministro e instalación válvula reductora de presión HF D=50 mm	u	2,00	224,00	448,00
28	Tanque rompe presión (tipo)	u	1,00	233,18	233,18
29	Suministro e instalación unión de reparación PVC U/E D=63 mm	u	48,00	9,34	448,32
31	Suministro e instalación unión de reparación PVC U/E D=110 mm	u	8,00	15,67	125,36
32	Suministro e instalación unión de reparación PVC U/E D=250 mm	u	12,00	78,13	937,56
SUBTOTAL					350.024,90
IVA			12.00 %		42.002,99
TOTAL					392.027,89

Tabla 56: Presupuesto referencial aproximado de la subalternativa 1.1

Cód.	Descripción	U	Cant.	P.U.	P.T.
1	Excavación retroexcavadora, zanja 0-2 m, material sin clasificar.	m³	13.734,51	3,86	53.015,20
2	Rasanteo de zanja a mano	m²	9.954,01	0,48	4.777,92
5	Suministro tubo de hormigón D=600 mm, Clase 2	m	53,20	56,40	3.000,48
6	Suministro e instalación tapa de hormigón D=700 mm, con platina	u	38,00	32,40	1.231,20
7	Suministro e instalación brocal prefabricado	u	38,00	50,40	1.915,20
8	Instalación tubo de hormigón D=600 mm, Clase 2	m	46,20	8,36	386,23
9	Rotura de asfalto, espesor 4"	m²	2.765,70	5,04	13.939,13
10	Reposición calzada de asfalto	m³	276,57	203,28	56.221,15
13	Suministro e instalación tubería PVC d = 63 mm, E/C 0,8 MPA	ml	3.508,49	4,03	14.139,21
15	Suministro e instalación tubería PVC d = 225 mm, E/C 0,8 MPA	ml	1.708,72	19,84	33.901,00
16	Suministro e instalación tubería PVC d = 250 mm, E/C 0,8 MPA	ml	4.736,80	22,25	105.393,80
21	Suministro e instalación válvula HF D=63 mm	u	24,00	102,00	2.448,00
23	Suministro e instalación válvula HF D=110 mm	u	4,00	204,00	816,00
22	Suministro e instalación válvula HF D=225 mm	u	1,00	920,00	920,00
24	Suministro e instalación válvula HF D=250 mm	u	5,00	1.020,00	5.100,00
25	Suministro e instalación válvula reductora de presión HF D=250 mm	u	2,00	1.425,00	2.850,00
26	Suministro e instalación válvula reductora de presión HF D=50 mm	u	2,00	224,00	448,00
28	Tanque rompe presión (tipo)	u	1,00	233,18	233,18
29	Suministro e instalación unión de reparación PVC U/E D=63 mm	u	48,00	9,34	448,32
31	Suministro e instalación unión de reparación PVC U/E D=110 mm	u	8,00	15,67	125,36
30	Suministro e instalación unión de reparación PVC U/E D=225 mm	u	2,00	71,22	142,44
32	Suministro e instalación unión de reparación PVC U/E D=250 mm	u	10,00	78,13	781,30
SUBTOTAL					302.233,14
IVA			12.00 %		36.267,98
TOTAL					338.501,11

Tabla 57: Presupuesto referencial aproximado de la alternativa 2.

Cód.	Descripción	U	Cant.	P.U.	P.T.
1	Excavación retroexcavadora, zanja 0-2 m, material sin clasificar.	m ³	10.125,16	3,86	39.083,13
2	Rasanteo de zanja a mano	m ²	7.336,79	0,48	3.521,66
5	Suministro tubo de hormigón D=600 mm, Clase 2	m	19,60	56,40	1.105,44
6	Suministro e instalación tapa de hormigón D=700 mm, con platina	u	14,00	32,40	453,60
7	Suministro e instalación brocal prefabricado	u	14,00	50,40	705,60
8	Instalación tubo de hormigón D=600 mm, Clase 2	m	19,60	8,36	163,86
9	Rotura de asfalto, espesor 4"	m ²	2.154,18	5,04	10.857,07
10	Reposición calzada de asfalto	m ³	215,42	203,28	43.790,17
13	Suministro e instalación tubería PVC d = 63 mm, E/C 0,8 MPA	ml	577,40	4,03	2.326,92
14	Suministro e instalación tubería PVC d = 90 mm, E/C 0,8 MPA	ml	601,29	6,77	4.070,73
15	Suministro e instalación tubería PVC d = 110 mm, E/C 0,8 MPA	ml	2.207,15	9,85	21.740,43
16	Suministro e instalación tubería PVC d = 250 mm, E/C 0,8 MPA	ml	3.950,95	22,25	87.908,64
21	Suministro e instalación válvula HF D=63 mm	u	4,00	102,00	408,00
22	Suministro e instalación válvula HF D=90 mm	u	2,00	152,00	304,00
23	Suministro e instalación válvula HF D=110 mm	u	2,00	204,00	408,00
24	Suministro e instalación válvula HF D=250 mm	u	3,00	1.020,00	3.060,00
25	Suministro e instalación válvula reductora de presión HF D=250 mm	u	2,00	1.425,00	2.850,00
26	Suministro e instalación válvula reductora de presión HF D=50 mm	u	1,00	224,00	224,00
28	Tanque rompe presión (tipo)	u	1,00	233,18	233,18
29	Suministro e instalación unión de reparación PVC U/E D=63 mm	u	8,00	9,34	74,72
30	Suministro e instalación unión de reparación PVC U/E D=90 mm	u	4,00	11,34	45,36
31	Suministro e instalación unión de reparación PVC U/E D=110 mm	u	4,00	15,67	62,68
32	Suministro e instalación unión de reparación PVC U/E D=250 mm	u	6,00	78,13	468,78
SUBTOTAL					223.865,97
IVA			12.00 %		26.863,92
TOTAL					250.729,88

Tabla 58: Presupuesto referencial aproximado de la alternativa 3.

Cód.	Descripción	U	Cant.	P.U.	P.T.
1	Excavación retroexcavadora, zanja 0-2 m, material sin clasificar.	m ³	13.454,89	3,86	51.935,88
2	Rasanteo de zanja a mano	m ²	9.371,34	0,48	4.498,24
5	Suministro tubo de hormigón D=600 mm, Clase 2	m	39,20	56,40	2.210,88
6	Suministro e instalación tapa de hormigón D=700 mm, con platina	u	28,00	32,40	907,20
7	Suministro e instalación brocal prefabricado	u	28,00	50,40	1.411,20
8	Instalación tubo de hormigón D=600 mm, Clase 2	m	39,20	8,36	327,71
9	Rotura de asfalto, espesor 4"	m ²	1.640,66	5,04	8.268,93
10	Reposición calzada de asfalto	m ³	164,07	203,28	33.351,34
15	Suministro e instalación tubería PVC d = 110 mm, E/C 0,8 MPA	ml	601,29	9,85	5.922,71
13	Suministro e instalación tubería PVC d = 225 mm, E/C 0,8 MPA	ml	1.974,89	19,84	39.181,82
16	Suministro e instalación tubería PVC d = 250 mm, E/C 0,8 MPA	ml	6.795,16	22,25	151.192,31
21	Suministro e instalación válvula HF D=63 mm	u	15,00	102,00	1.530,00
22	Suministro e instalación válvula HF D=90 mm	u	1,00	152,00	152,00
24	Suministro e instalación válvula HF D=250 mm	u	9,00	1.020,00	9.180,00
25	Suministro e instalación válvula reductora de presión HF D=250 mm	u	2,00	1.425,00	2.850,00
26	Suministro e instalación válvula reductora de presión HF D=50 mm	u	1,00	224,00	224,00
28	Tanque rompe presión (tipo)	u	1,00	233,18	233,18
30	Suministro e instalación unión de reparación PVC U/E D=90 mm	u	30,00	11,34	340,20
31	Suministro e instalación unión de reparación PVC U/E D=110 mm	u	2,00	15,67	31,34
29	Suministro e instalación unión de reparación PVC U/E D=225 mm	u	18,00	71,22	1.281,96
32	Suministro e instalación unión de reparación PVC U/E D=250 mm	u	4,00	78,13	312,52
SUBTOTAL					315.343,41
IVA			12.00 %		37.841,21
TOTAL					353.184,62

De conformidad con los presupuestos referenciales de las alternativas propuestas, aparece como recomendable la alternativa 2, por ser la de menor costo.

El anexo 11 indica los resultados de presión y velocidad obtenidos con la simulación hidráulica de la alternativa 2 de sectorización.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. Conclusiones.

- Basándose en los registros proporcionados por EPMAPA-S que corresponden a los consumos de Sucúa y Santa Marianita de Jesús, la dotación neta total promedio en estas localidades es de 186,9 l/hab/día y la dotación neta doméstica promedio es de 155,2 l/hab/día.
- El CPE-INEN 005-9-1 (1992) para poblaciones mayores a 5000 habitantes en clima cálido, recomienda un rango de dotación neta total de 200 l/hab/día a 230 l/hab/día, por lo tanto, la dotación neta total promedio obtenida a base de los registros proporcionados por EPMAPA-S está por debajo del rango recomendado.
- La variación anual de dotación neta total y neta doméstica obtenida a base de los registros proporcionados por EPMAPA-S no presenta una tendencia constante.
- La dotación neta doméstica de Sucúa y Santa Marianita de Jesús considerando las mediciones de campo es de 155,1 l/hab/día.
- En las localidades de Sucúa y Santa Marianita de Jesús, el consumo doméstico de agua potable representa el 82,8 % del consumo total; el 17,2 % restante es destinado a consumo no doméstico.
- En Sucúa y Santa Marianita de Jesús el consumo promedio de un usuario doméstico es de 19,96 m³/usuario/mes y el de un usuario no doméstico es de 34,92 m³/usuario/mes.
- Según los resultados de presión obtenidos en la simulación hidráulica de la red existente para el año 2017, tanto la red de Sucúa como la de Santa Marianita de Jesús cumplen con los requerimientos de presión recomendados por el CPE-INEN 005-9-1 (1992). Sin embargo, la simulación hidráulica de la red existente para el año 2040 indica que ambas redes de distribución generarían presiones por debajo de dichos requerimientos, es decir, no soportarían los caudales proyectados para ese año
- Según los resultados de velocidad obtenidos en la simulación hidráulica de la red existente para los años 2017 y 2040, tanto la red de Sucúa como la de Santa Marianita de Jesús, poseen varios tramos de tubería con velocidades inferiores a 0,5 m/s, lo que eventualmente podría causar sedimentación de partículas.
- Todas las alternativas de sectorización, cumplen los requerimientos de presión recomendados por el CPE-INEN 005-9-1 (1992) en el escenario intermedio (50% de pérdidas físicas), sin embargo, la alternativa 2 parece ser la mejor opción, por ser la de menor costo. Si las pérdidas físicas alcanzan un 65% (Escenario pesimista) en el horizonte

de diseño, las alternativas de sectorización propuestas no soportarían los caudales producidos y las presiones generadas no cumplirían los requerimientos de presión recomendados por el CPE-INEN 005-9-1 (1992).

6.2. Recomendaciones.

- Mejorar el almacenamiento y acceso a los registros de consumos facturados de agua potable, reemplazando los archivos con extensión .xlsx por software especializado.
- Implementar un programa de macromedición para disponer de información suficiente de caudales tratados y entregados a la red de distribución, lo que permitirá conocer el comportamiento de consumo de la población, evaluar el IANC y monitorear las pérdidas físicas mejorando la administración del sistema.
- Implementar catastros de la red de distribución y de los usuarios conectados, para mejorar la información disponible y la administración del servicio de agua potable.
- Sustituir los micromedidores con edades mayores a 5 años, pues, su precisión se ve comprometida al alcanzar este período de vida útil.
- Concientizar a los usuarios abastecidos acerca del uso racional del agua, con el objetivo de generar hábitos de ahorro y así controlar y reducir los consumos de agua potable.
- Poner en práctica un plan de control y reducción de pérdidas, para mejorar la operación y administración del sistema de agua potable.
- Sectorizar la red de distribución para mejorar su comportamiento hidráulico actual y futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Albarrán M. (1997). *Reducción de pérdidas en sistemas de agua potable*. Santiago de Chile: PUCC.
- Arocha S. (1977). *Abastecimientos de agua. Teoría & Diseño*. Caracas: U.C.V.
- Bentley Systems, Incorporated. (2010). *Bentley WaterCAD V8i User's Guide*. USA.
- Bermad Control Valves. (2006). *Medidor de Chorro Único*. Recuperado el 10 de julio del 2018 de http://www.medidores.com/pdfs/es_88.pdf.
- Bermad Control Valves. (2006). *Medidor de Chorro Múltiple*. Recuperado el 10 de julio del 2018 de http://www.medidores.com/pdfs/es_91.pdf.
- Bermad Control Valves. (2006). *Válvula reductora de presión*. Recuperado el 12 de julio del 2018 de http://www.bermad.com/wp-content/uploads/2016/06/ww-720_spanish.pdf.
- Calle L. (2010). *Diseño definitivo del sistema de agua potable para la parroquia de Santa Marianita de Jesús*. Material no publicado.
- Castillo L. (2014). *Cuenca es la urbe con menos pérdidas de agua*. El comercio. Recuperado de: <http://www.elcomercio.com/actualidad/cuenca-urbe-desperdicio-agua-etapa.html>
- Código de Práctica Ecuatoriano (CPE-INEN 005-9-1, 1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Ecuador.
- Congreso Nacional. (2000). *Ley orgánica de defensa del consumidor*. Ecuador.
- Comisión Nacional del Agua. (CONAGUA, 2015). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado*. México.
- Comisión Nacional del Agua. (CONAGUA, 2015). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Sistemas de medición del agua: Producción operación y consumo*. México.
- Corcho F. y Duque J. (2005). *Acueductos teoría y diseño*. Medellín. Universidad de Medellín.
- Delgado V. (2008). *La medición de consumos en las empresas de agua potable*. México: PROAGUA. Recuperado de <http://www.proagua.org.pe/pmri/capa/Present.pdf>
- Environmental Protection Agency. (EPA, 2000). *EPANET 2.0.12 User's Manual*. USA.
- Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Sucúa. (EPMAPA-S, 2017). *Registro municipal de consumos en el período 2010 – 2017*. Material no publicado.
- Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca. (ETAPA-EP, 2015). *Fortalecimiento institucional de la empresa de agua potable y alcantarillado EPMAPA-S*. Material no publicado.
- Equipo Técnico GAD-Sucúa. (2016). *Plano Base del Cantón Sucúa*. Material no publicado.
- Especificación técnica de elementos de maniobra y control. (2012). *Válvulas de compuerta*. Madrid: Cyii.
- Fajardo C. (2001). *Diseño definitivo del sistema de agua potable para la ciudad de Sucúa*. Material no publicado.

- GIZ & VAG. (2009). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua*. Alemania.
- Gobierno Autónomo descentralizado del cantón Sucúa. (GAD-Sucúa, 2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Sucúa* (PDOT- Sucúa). Material no publicado.
- Honeywell. (2008). *Válvula reguladora de caudal*. Recuperado el 12 de julio del 2018 de <https://ees-techlit.honeywell.com/emeadocuments/sp01/vr300-et-sp01r0508.pdf>.
- Howard G. y Bartram M. (2003). *Domestic Water Quantity, Service Level and Health*. Switzerland: World Health Organization.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (INEC, 2010). *VII censo de población y VI de vivienda*. Ecuador.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (INEC, 2010). *Proyección demográfica del cantón Sucúa*. Ecuador.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2012). *Información Ambiental en Hogares*. Ecuador
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 1990-2012). *Anuarios Meteorológicos - Estación Macas*. Ecuador.
- International Organization for Standardization (ISO 4064-1, 2014). *Contadores de agua para agua fría potable y agua caliente. Parte 1: Requisitos metrológicos y técnicos*.
- Lambert A. y Hirner W. (2000). *Losses from water supply systems: Standard terminology and recommended performance measures*. IWA Blue Pages. 1-13.
- López P. (2010). *Abastecimiento de agua potable: y disposición y eliminación de excretas*. México: Alfaomega.
- Manco, Guerrero y Ocampo (2012). *Eficiencia en el consumo de agua residencial*. Ingenierías, 11, 23-38.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2010). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS*. Colombia.
- Nazih K., Lawrence K. (2015). *Water Engineering: Hydraulics, Distribution and Treatment*. USA: Wiley.
- Ochoa L y Bourguett O. (2001). *Reducción integral de pérdidas de agua potable*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).
- Organización Mundial de la Salud OMS. (2009). *Cantidad mínima de agua necesaria para uso doméstico*. Recuperado de <http://www.cridlac.org/digitalizacion/pdf/spa/doc18188/doc18188-contenido.pdf>.
- Ospina, D. (1981). *Modelos matemáticos elementales en proyecciones de población*. Revista Colombiana de Estadística, Vol. 2.
- Ostafe G. y Sarbu I. (2014). *Optimal design of urban water supply pipe networks*. Urban Water, 13, 521-535.
- Profuego. (2016). *Hidrantes tipo y mantenimiento*. Recuperado el 12 de julio del 2018 de <https://profuego.es/hidrantes-tipos-y-mantenimiento/>.

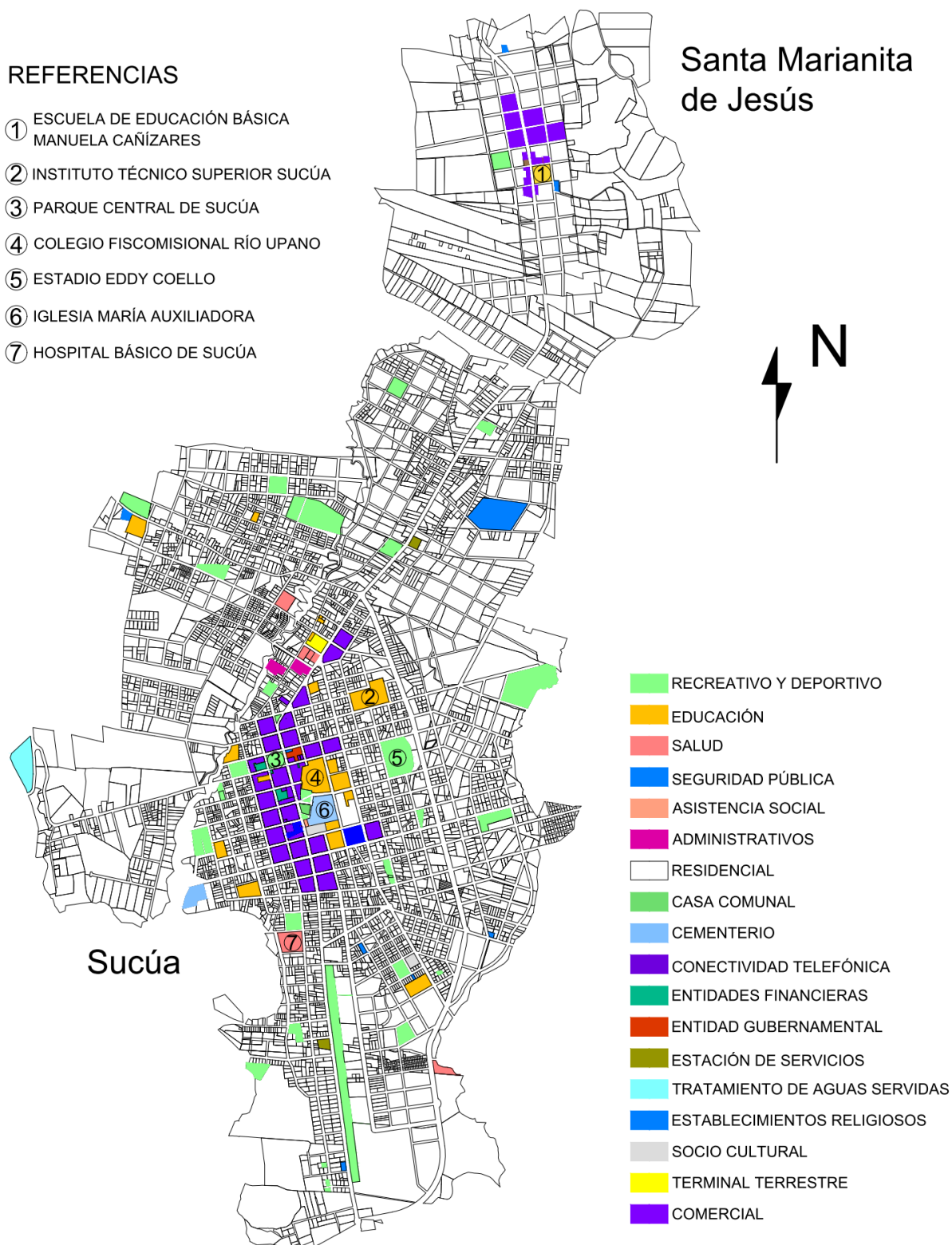
- Rebollo J. (2012). *Puesta en servicio y operación de redes de distribución de agua y saneamiento*. España: IC Editorial.
- Rebollo J. (2012). *Montaje de redes de distribución de agua*. España: IC Editorial.
- Romero G. (2004). *Administración de micromedidores*. Bolivia: ANESAPA.
- Romyspan. (2014). *Válvula reductora de presión*. Recuperado el 12 de julio de <http://www.romyspan.com/zero-portfolio/valvula-reductora-y-sostenedora/>.
- Romyspan. (2014). *Válvula sostenedora de presión*. Recuperado el 12 de julio de <http://www.romyspan.com/zero-portfolio/valvula-sostenedora/>.
- Sandoval, Ruiz, Flores y López. (2016). *La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica*. Ingeniería hidráulica y ambiental, 37, 1-12.
- SC Fluids. (2010). *Válvulas de compuerta*. Recuperado el 12 de julio del 2018 de http://www.valvulasymedidores.com/valvulas_de_compuerta.html.
- Swagelok. (2012). *Válvulas de purga*. Recuperado el 12 de julio del 2018 de <https://www.swagelok.com/downloads/webcatalogs/es/MS-01-62.pdf>.
- Sorgato V. (2015). *Ecuador consume más agua en la región*. El comercio. Recuperado de: <http://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/planeta/noviembre-14-del-2015/ecuador-consume-mas-agua-en-la-region>.
- Sturm R. y Thornton J. (2005). *Proactive Leakage Management using District Metered Areas (DMA) and Pressure Management*. USA: Leakage 2005 - Conference Proceedings.
- Tzatchkov, Alcocer, Bourguett y Arreguín (2014). *Avances de la hidráulica de redes de distribución de agua potable*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Anexos

Anexo 1. Uso del suelo en Sucúa y Santa Marianita de Jesús.

REFERENCIAS

- ① ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA MANUELA CAÑIZARES
- ② INSTITUTO TÉCNICO SUPERIOR SUCÚA
- ③ PARQUE CENTRAL DE SUCÚA
- ④ COLEGIO FISCOMISIONAL RÍO UPANO
- ⑤ ESTADIO EDDY COELLO
- ⑥ IGLESIA MARÍA AUXILIADORA
- ⑦ HOSPITAL BÁSICO DE SUCÚA

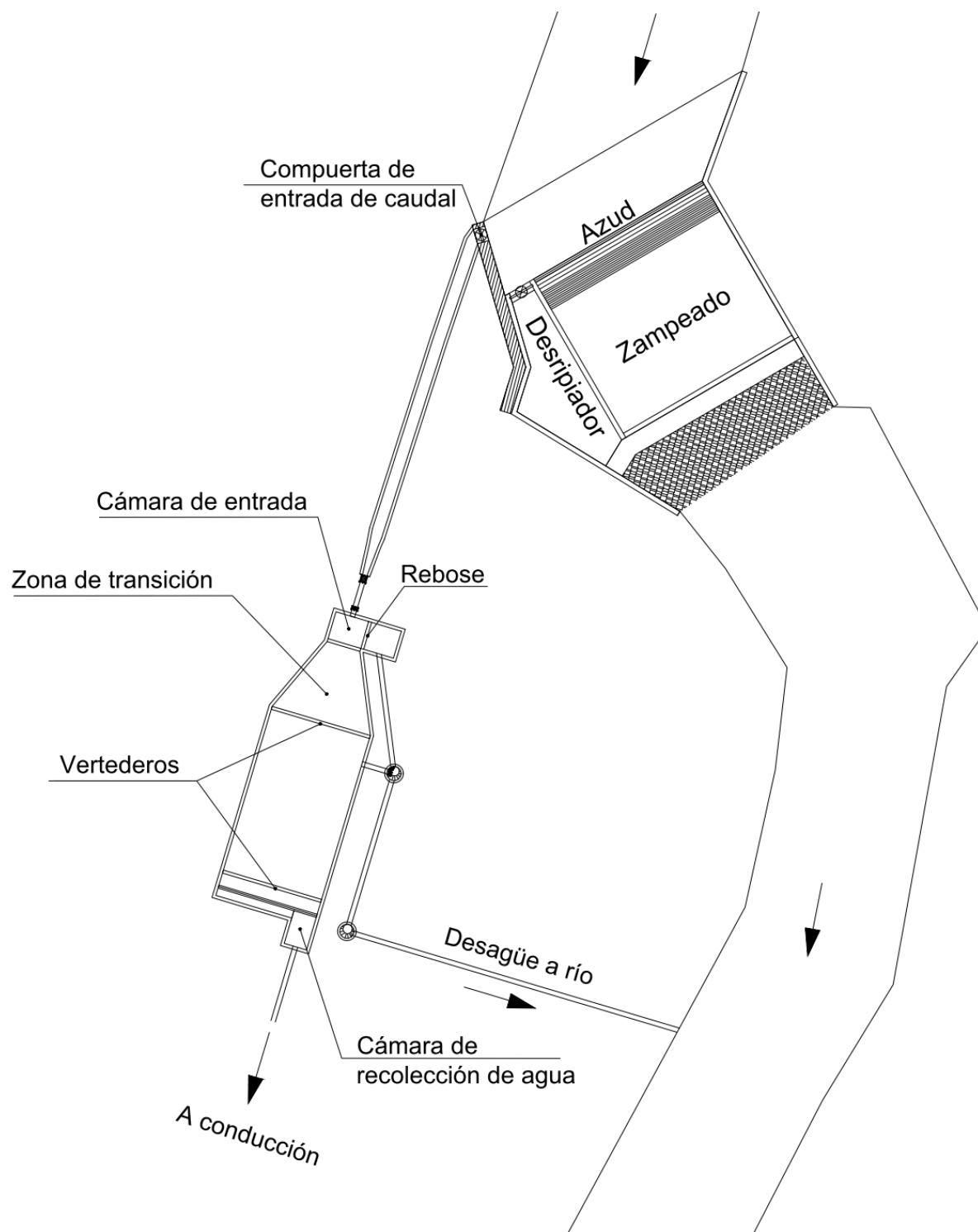


Fuente: GAD-Sucúa. (2014).

Anexo 2. Componentes del sistema de agua potable

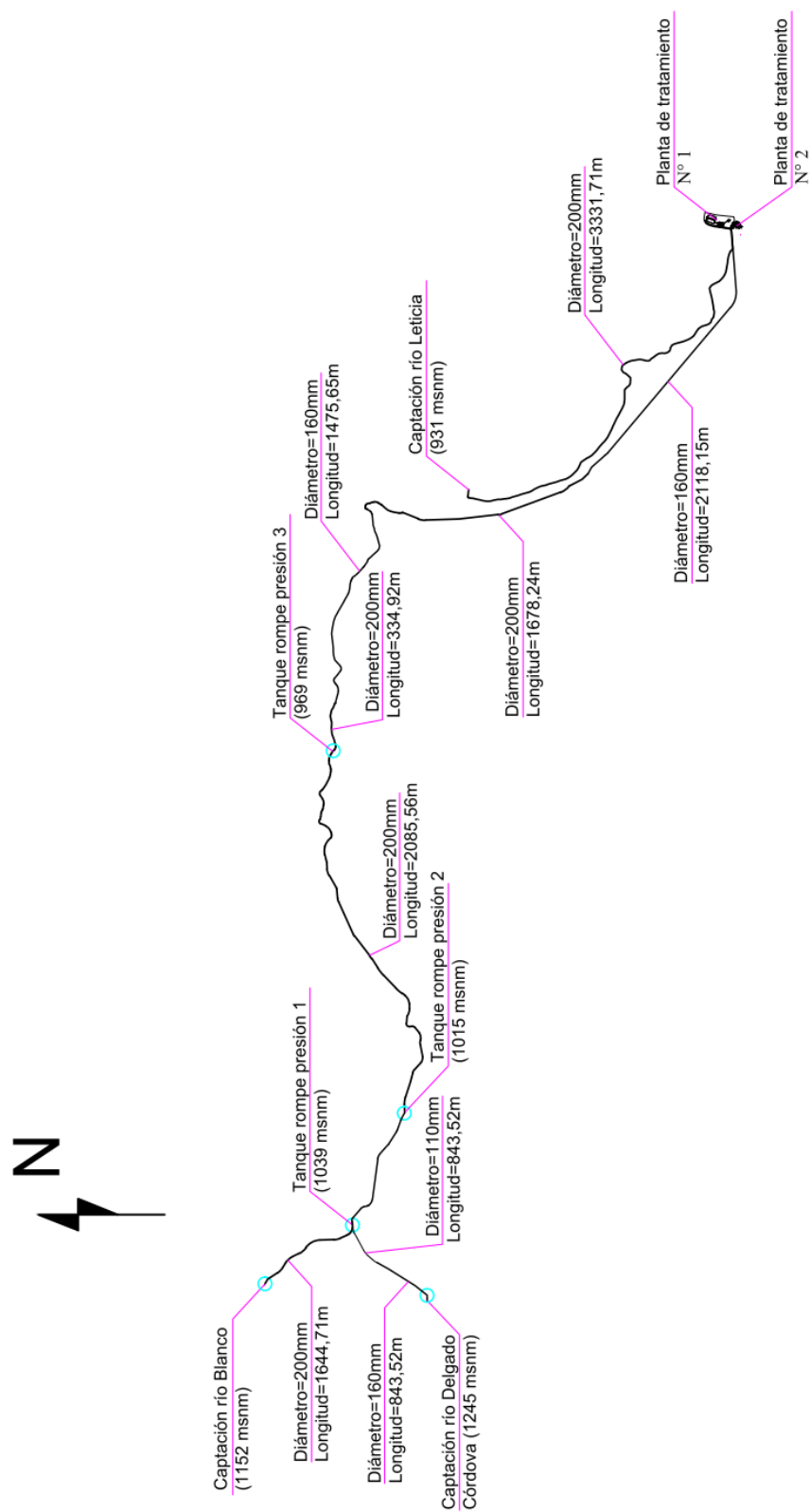
Esquema 2.1.

Estructura de captación típica de los sistemas de agua potable de Sucúa y Santa Marianita de Jesús.



Fuente: Fajardo C. (2001) y Calle L. (2010).

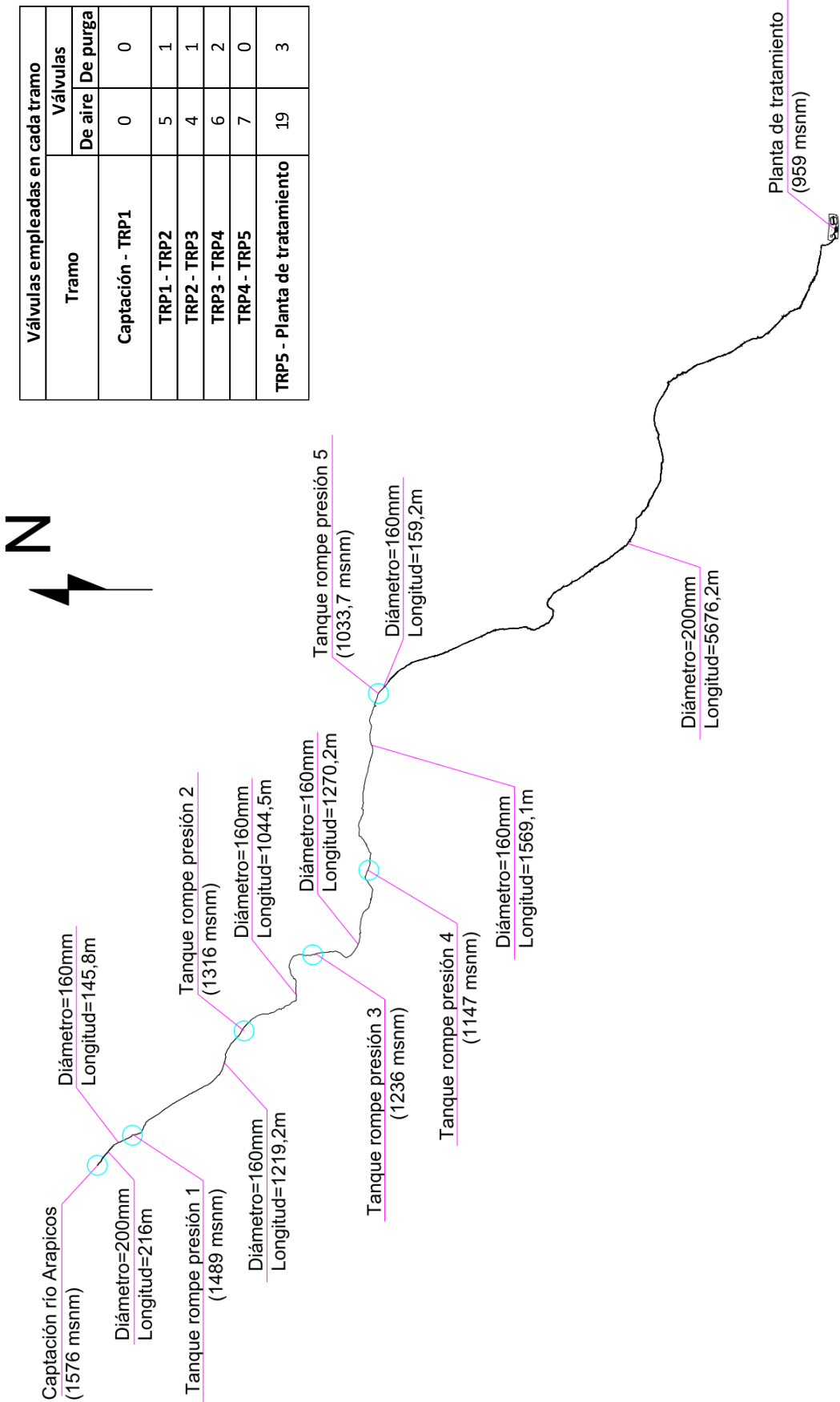
Esquema 2.2.
Líneas de conducción de las plantas de tratamiento de Sucúa.



Fuente: Fajardo C. (2001).

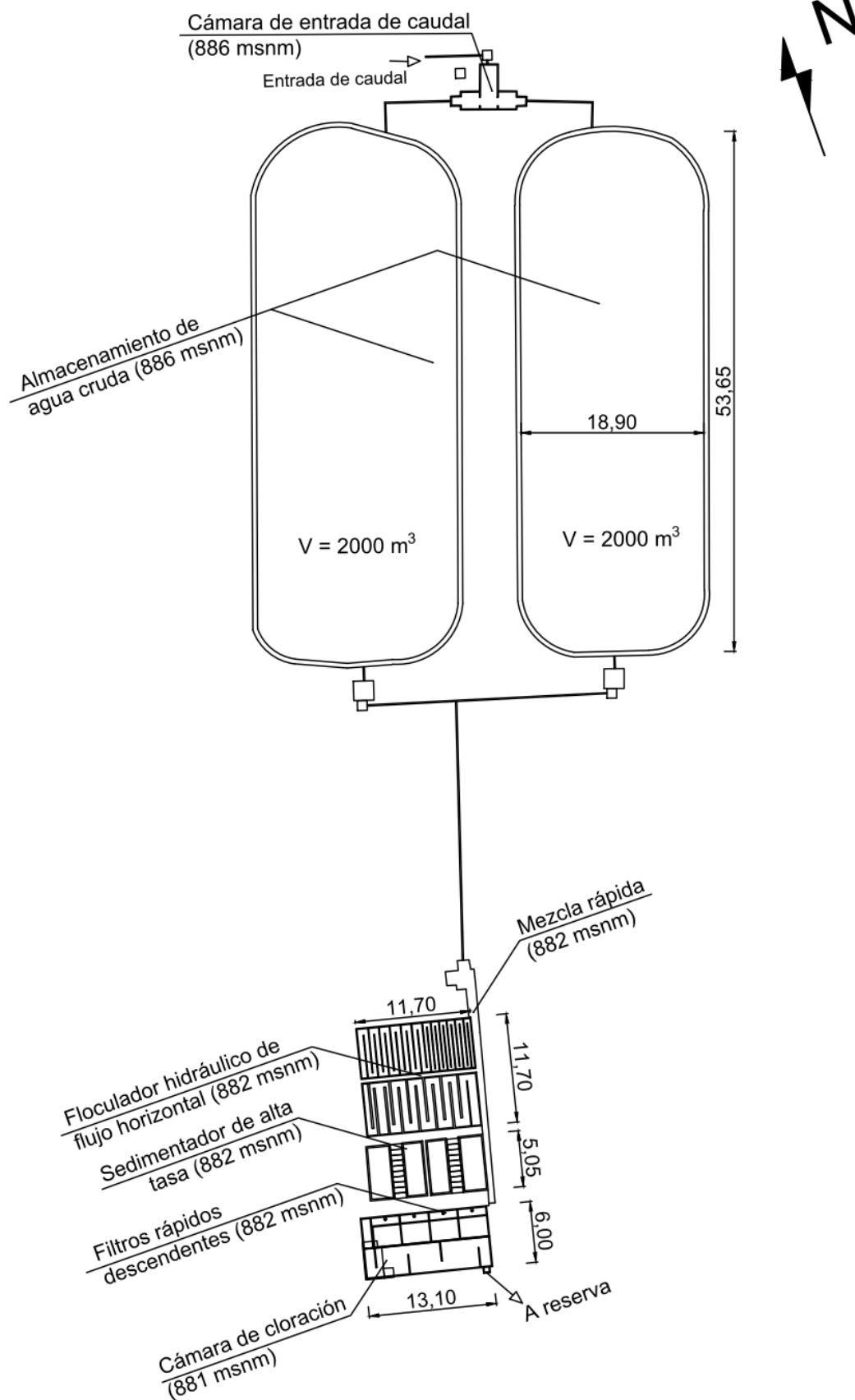
Esquema 2.3.

Línea de conducción de la planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús.



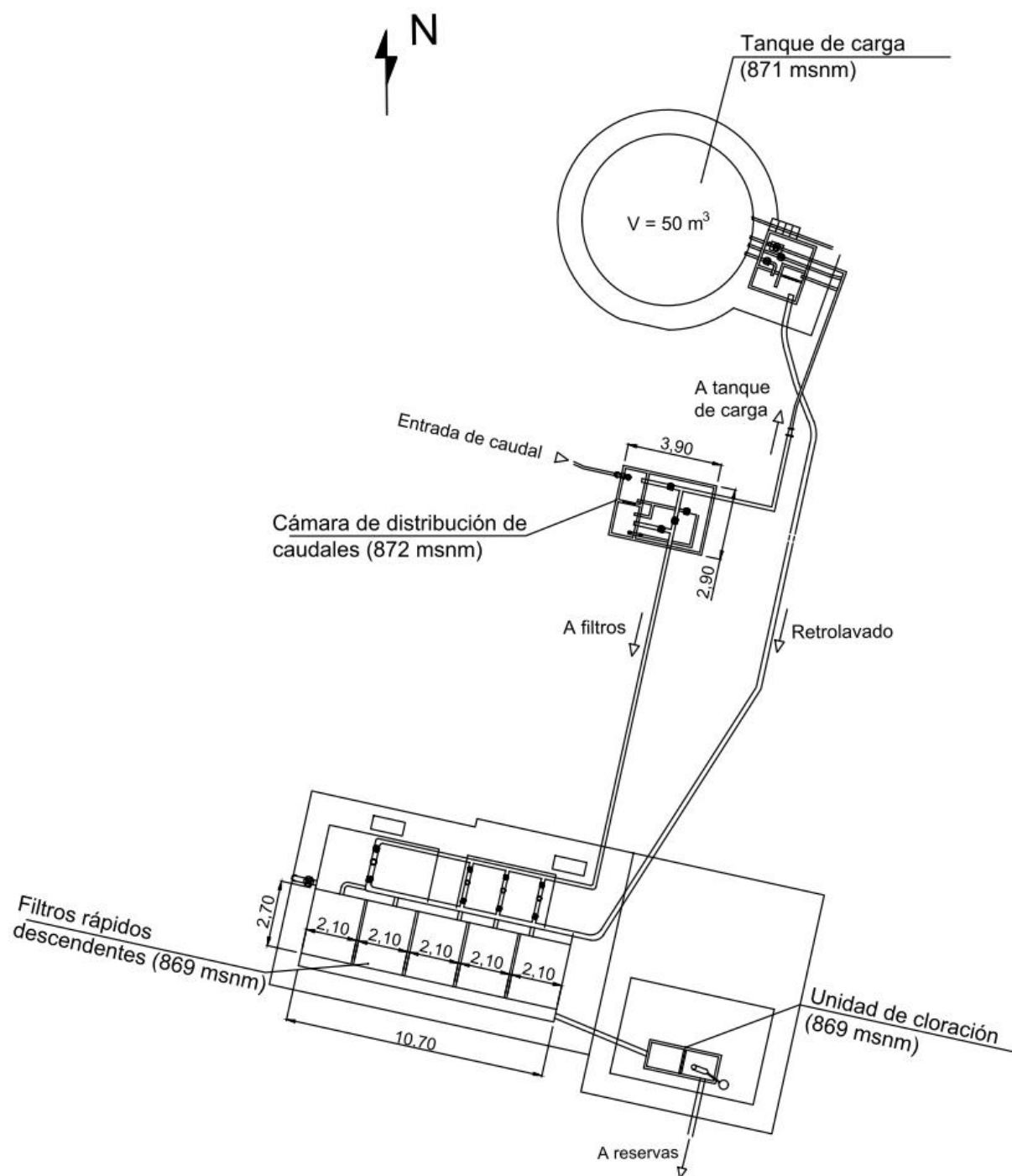
Fuente: Calle L. (2010).

Esquema 2.4.
Planta de tratamiento N° 1 de Sucúa.



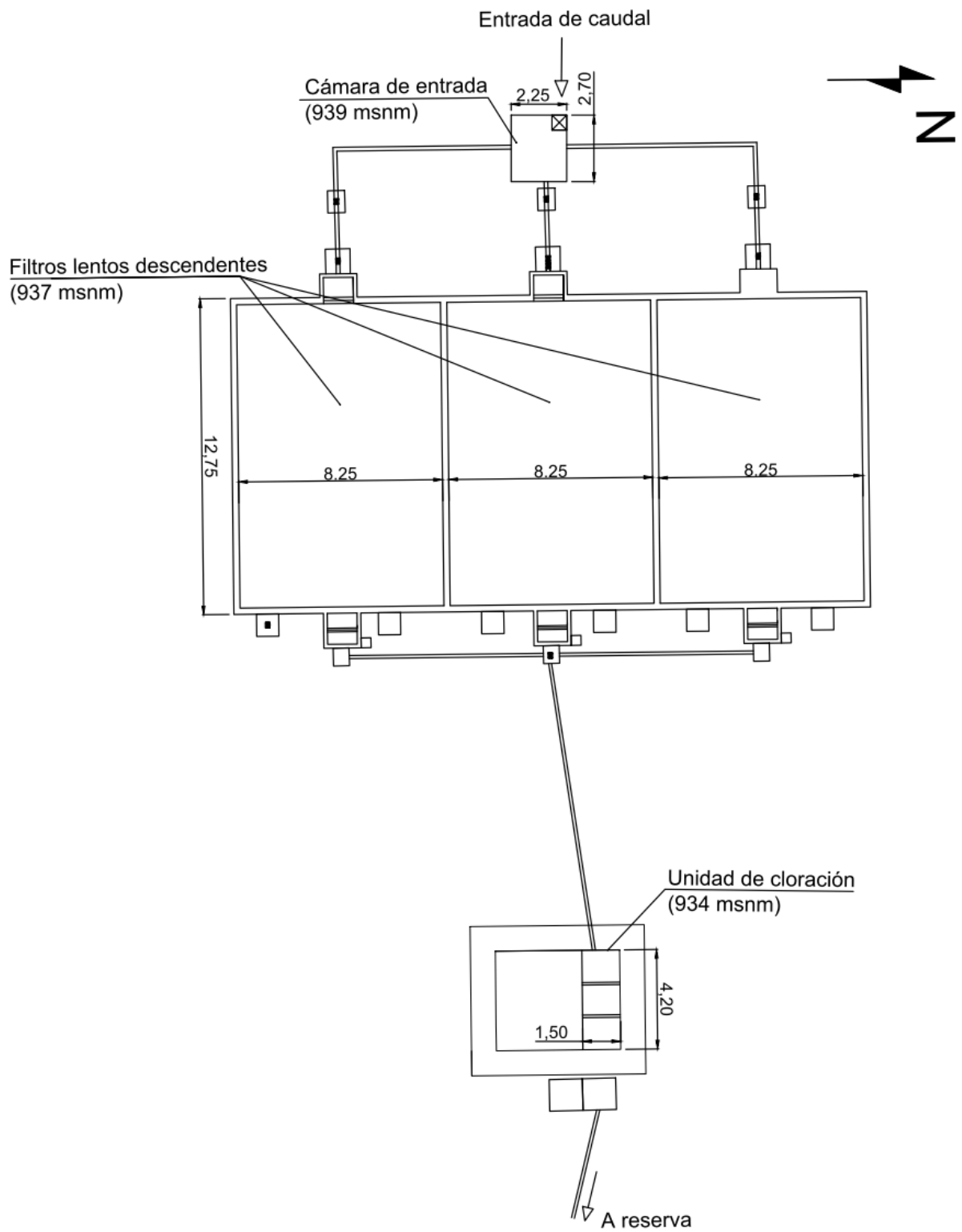
Fuente: Fajardo C. (2001).

Esquema 2.5.
Planta de tratamiento N° 2 de Sucúa.



Fuente: Fajardo C. (2001).

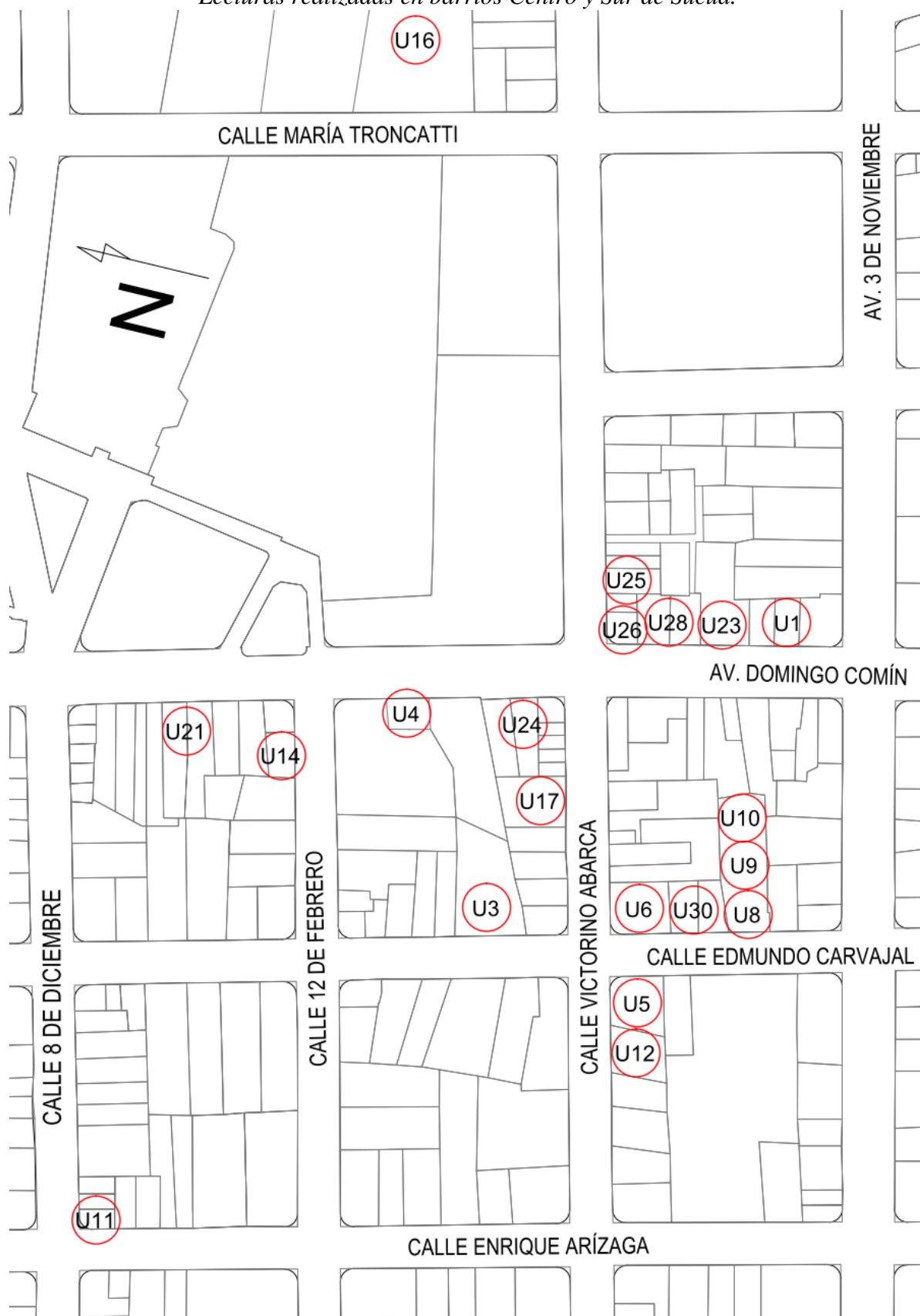
Esquema 2.6.
Planta de tratamiento de Santa Marianita de Jesús.



Fuente: Calle L. (2010).

Anexo 3. Ubicación general de los sitios de lectura.

Esquema 3.1
Lecturas realizadas en barrios Centro y Sur de Sucúa.



Esquema 3.2

Lecturas realizadas en barrios 5 esquinas, La Providencia y Los Artesanos.



Esquema 3.3

Lecturas realizadas en barrios Upano y El Terminal.



Anexo 4. Resultados obtenidos en medidores seleccionados para la toma de lecturas.

Tabla 4.1

Lecturas en medidores durante la primera semana de recolección de lecturas (m³)

Usuario	Habitantes	Lunes 20/02/2017	Martes 21/02/2017	Miércoles 22/02/2017	Jueves 23/02/2017	Viernes 24/02/2017	Sábado 25/02/2017	Domingo 26/02/2017
U1	2	1.751,79	1.752,14	1.752,51	1.752,92	1.753,36	1.753,62	1.753,94
U2	5	5.475,12	5.475,95	5.476,81	5.476,93	5.477,11	5.477,58	5.477,95
U3	4	89,26	90,36	91,17	92,09	92,95	93,88	94,92
U4	7	5.297,05	5.297,68	5.298,13	5.298,65	5.299,25	5.300,24	5.301,17
U5	4	1.880,44	1.881,12	1.881,85	1.882,39	1.882,80	1.883,50	1.884,36
U6	3	4.150,13	4.150,42	4.150,68	4.150,96	4.151,33	4.151,85	4.152,51
U7	4	247,02	247,49	247,80	248,12	248,49	248,75	249,09
U8	4	433,55	433,87	434,07	434,39	434,65	434,93	435,26
U9	4	463,45	463,86	464,16	464,56	464,98	465,22	465,46
U10	3	596,52	596,78	597,03	597,36	597,54	597,82	598,13
U11	2	644,30	644,59	644,97	645,36	645,87	646,42	647,13
U12	4	1.452,13	1.452,46	1.452,79	1.453,10	1.453,40	1.453,61	1.454,16
U13	4	1.878,39	1.878,78	1.879,15	1.879,45	1.879,75	1.880,11	1.880,50
U14	3	2.970,66	2.971,06	2.971,65	2.972,16	2.972,49	2.972,88	2.973,22
U15	2	1.179,24	1.179,51	1.179,73	1.179,97	1.180,18	1.180,35	1.180,54
U16	3	1.175,45	1.176,07	1.176,52	1.176,96	1.177,52	1.178,26	1.179,15
U17	4	543,54	543,77	544,01	544,46	544,85	545,05	545,33
U18	3	3.224,42	3.225,13	3.225,91	3.226,89	3.227,88	3.228,99	3.230,42
U19	3	3.120,02	3.120,75	3.121,44	3.122,27	3.123,09	3.123,84	3.124,51
U20	4	2.740,33	2.740,64	2.741,02	2.741,52	2.741,90	2.742,31	2.742,67
U21	3	3.784,12	3.784,73	3.785,23	3.785,89	3.786,32	3.786,97	3.787,62
U22	8	4.292,62	4.295,15	4.296,31	4.297,92	4.299,52	4.301,40	4.302,15
U23	6	3.024,76	3.025,84	3.027,07	3.028,15	3.029,22	3.030,33	3.031,41
U24	1	6.444,04	6.444,24	6.444,42	6.444,59	6.444,79	6.444,99	6.445,25
U25	5	4.885,86	4.886,85	4.887,92	4.889,03	4.889,52	4.889,98	4.890,47
U26	4	263,68	264,33	264,76	265,17	265,56	265,98	266,60
U27	1	329,22	329,53	329,74	329,96	330,18	330,43	330,62
U28	2	1.407,07	1.407,40	1.407,76	1.408,09	1.408,44	1.408,74	1.409,15
U29	2	100,02	100,28	100,51	100,79	101,07	101,33	101,63
U30	2	681,12	681,37	681,59	681,90	682,26	682,65	683,06

Tabla 4.2*Lecturas en medidores durante la segunda semana de recolección de lecturas (m³)*

Usuario	Habitantes	Lunes 27/02/2017	Martes 28/02/2017	Miércoles 01/03/2017	Jueves 02/03/2017	Viernes 03/03/2017	Sábado 04/03/2017	Domingo 05/03/2017
U1	2	1.754,22	1.754,53	1.754,72	1.754,99	1.755,43	1.755,87	1.756,06
U2	5	5.478,19	5.479,85	5.482,55	5.483,52	5.483,92	5.484,32	5.485,62
U3	4	95,91	96,94	97,65	98,31	98,95	101,06	102,13
U4	7	5.301,65	5.302,12	5.303,22	5.303,65	5.304,22	5.304,67	5.305,11
U5	4	1.885,30	1.886,13	1.886,95	1.887,98	1.890,05	1.891,12	1.892,06
U6	3	4.153,12	4.153,61	4.154,29	4.154,72	4.155,15	4.155,59	4.156,08
U7	4	249,42	249,77	250,25	250,62	251,11	251,48	251,81
U8	4	435,56	435,98	436,36	436,77	437,02	437,46	437,85
U9	4	465,78	465,96	466,55	467,28	467,58	467,95	468,45
U10	3	598,47	598,95	599,54	600,05	600,44	600,88	601,12
U11	2	647,39	647,54	647,77	647,98	648,54	649,07	649,58
U12	4	1.454,61	1.455,28	1.456,09	1.456,87	1.457,33	1.457,91	1.458,41
U13	4	1.880,79	1.881,22	1.881,64	1.882,08	1.882,41	1.882,74	1.883,14
U14	3	2.973,65	2.973,98	2.974,65	2.975,16	2.975,76	2.976,21	2.976,74
U15	2	1.180,66	1.180,82	1.180,99	1.181,26	1.181,54	1.181,78	1.182,04
U16	3	1.179,75	1.180,04	1.180,55	1.180,94	1.181,27	1.181,69	1.182,12
U17	4	545,55	545,68	545,82	545,96	546,35	546,75	547,12
U18	3	3.232,27	3.234,15	3.235,06	3.235,48	3.235,97	3.236,58	3.237,51
U19	3	3.125,32	3.126,32	3.127,21	3.128,01	3.128,49	3.128,95	3.129,43
U20	4	2.743,12	2.743,63	2.744,10	2.744,59	2.745,01	2.745,43	2.745,96
U21	3	3.788,10	3.788,93	3.789,45	3.789,97	3.790,32	3.790,91	3.791,81
U22	8	4.303,63	4.304,42	4.305,62	4.306,30	4.307,63	4.308,14	4.309,34
U23	6	3.032,49	3.033,54	3.034,67	3.036,03	3.037,07	3.037,98	3.038,95
U24	1	6.445,48	6.445,73	6.445,91	6.446,22	6.446,55	6.446,89	6.447,13
U25	5	4.890,87	4.891,42	4.892,13	4.892,86	4.893,52	4.894,34	4.895,24
U26	4	267,08	267,72	268,27	268,75	269,09	269,55	269,95
U27	1	330,79	330,99	331,24	331,47	331,68	331,82	332,10
U28	2	1.409,39	1.409,67	1.410,02	1.410,28	1.410,58	1.410,83	1.411,13
U29	2	101,92	102,28	102,57	102,81	103,08	103,49	103,74
U30	2	683,46	683,83	684,49	685,33	686,20	687,16	687,85

Tabla 4.3*Lecturas en medidores durante la tercera semana de recolección de lecturas (m³)*

Usuario	Habitantes	Lunes 06/03/2017	Martes 07/03/2017	Miércoles 08/03/2017	Jueves 09/03/2017	Viernes 10/03/2017	Sábado 11/03/2017	Domingo 12/03/2017
U1	2	1.756,32	1.756,52	1.756,74	1.756,98	1.757,22	1.757,52	1.757,81
U2	5	5.486,34	5.487,47	5.487,94	5.488,81	5.489,50	5.490,17	5.490,67
U3	4	103,09	104,05	105,04	105,07	106,11	106,89	107,51
U4	7	5.306,69	5.307,26	5.308,14	5.308,77	5.309,47	5.310,06	5.310,74
U5	4	1.893,07	1.893,56	1.893,99	1.894,47	1.894,91	1.895,37	1.895,68
U6	3	4.156,38	4.156,61	4.156,98	4.157,48	4.158,06	4.158,53	4.159,05
U7	4	252,18	252,52	252,96	253,34	253,63	253,93	254,54
U8	4	438,17	438,55	438,86	439,81	440,92	442,54	444,05
U9	4	468,95	470,15	472,37	473,68	474,55	475,78	477,12
U10	3	601,42	601,65	601,92	602,32	602,68	603,04	603,42
U11	2	650,11	650,47	650,85	651,12	651,39	651,68	651,94
U12	4	1.458,85	1.459,24	1.459,77	1.460,21	1.460,67	1.461,11	1.461,69
U13	4	1.883,51	1.883,83	1.884,25	1.884,63	1.884,91	1.885,39	1.885,76
U14	3	2.977,14	2.977,43	2.977,73	2.977,98	2.978,46	2.978,93	2.979,47
U15	2	1.182,28	1.182,56	1.182,74	1.182,97	1.183,25	1.183,45	1.183,70
U16	3	1.182,70	1.183,24	1.184,12	1.185,06	1.185,76	1.186,27	1.186,78
U17	4	547,86	548,32	549,19	549,82	550,36	550,85	551,48
U18	3	3.238,10	3.238,34	3.238,57	3.238,86	3.239,48	3.240,07	3.240,51
U19	3	3.129,87	3.130,32	3.131,76	3.132,14	3.132,61	3.133,43	3.134,12
U20	4	2.746,29	2.746,58	2.746,98	2.747,33	2.747,60	2.747,99	2.748,37
U21	3	3.792,71	3.793,65	3.794,51	3.795,39	3.795,98	3.796,74	3.797,62
U22	8	4.310,25	4.310,65	4.311,99	4.313,52	4.314,11	4.314,65	4.315,55
U23	6	3.039,95	3.040,90	3.041,46	3.041,82	3.042,86	3.043,85	3.044,81
U24	1	6.447,42	6.447,76	6.448,02	6.448,27	6.448,49	6.448,78	6.448,87
U25	5	4.896,13	4.897,17	4.898,07	4.899,12	4.900,07	4.901,16	4.902,03
U26	4	270,71	271,31	271,89	272,68	273,50	274,68	276,12
U27	1	332,32	332,53	332,73	332,96	333,27	333,49	333,73
U28	2	1.411,41	1.411,80	1.412,12	1.412,56	1.413,02	1.413,41	1.413,86
U29	2	104,02	104,27	104,51	104,78	105,11	105,43	105,78
U30	2	688,27	688,54	688,89	689,42	690,17	690,81	691,27

Anexo 5. Proyección demográfica de las poblaciones de Sucúa y Santa Marianita de Jesús.

Tabla 5.1
Proyección demográfica por el método aritmético.

Año de proyección	Población proyectada en el sector urbano de Sucúa			Población proyectada en el sector rural de Sucúa			Población proyectada en Santa Marianita de Jesús		
	con tasa r1	con tasa r2	con tasa r.prom	con tasa r1	con tasa r2	con tasa r.prom	con tasa r1	con tasa r2	con tasa r.prom
2010	7.805	7.805	7.805	4.814	4.814	4.814	905	905	905
2011	7.951	7.971	7.961	4.922	4.938	4.930	905	929	917
2012	8.097	8.137	8.117	5.030	5.062	5.046	906	953	929
2013	8.243	8.303	8.273	5.138	5.186	5.162	906	977	942
2014	8.389	8.469	8.429	5.246	5.310	5.278	906	1.001	954
2015	8.535	8.635	8.585	5.354	5.434	5.394	907	1.025	966
2016	8.681	8.801	8.741	5.462	5.558	5.510	907	1.049	978
2017	8.827	8.967	8.897	5.570	5.682	5.626	908	1.073	990
2018	8.973	9.133	9.053	5.678	5.806	5.742	908	1.097	1.002
2019	9.119	9.299	9.209	5.786	5.930	5.858	908	1.121	1.015
2020	9.265	9.465	9.365	5.894	6.054	5.974	909	1.145	1.027
2021	9.411	9.631	9.521	6.002	6.178	6.090	909	1.169	1.039
2022	9.557	9.797	9.677	6.110	6.302	6.206	909	1.193	1.051
2023	9.703	9.963	9.833	6.218	6.426	6.322	910	1.217	1.063
2024	9.849	10.129	9.989	6.326	6.550	6.438	910	1.241	1.076
2025	9.995	10.295	10.145	6.434	6.674	6.554	910	1.265	1.088
2026	10.141	10.461	10.301	6.542	6.798	6.670	911	1.289	1.100
2027	10.287	10.627	10.457	6.650	6.922	6.786	911	1.313	1.112
2028	10.433	10.793	10.613	6.758	7.046	6.902	912	1.337	1.124
2029	10.579	10.959	10.769	6.866	7.170	7.018	912	1.361	1.136
2030	10.725	11.125	10.925	6.974	7.294	7.134	912	1.385	1.149
2031	10.871	11.291	11.081	7.082	7.418	7.250	913	1.409	1.161
2032	11.017	11.457	11.237	7.190	7.542	7.366	913	1.433	1.173
2033	11.163	11.623	11.393	7.298	7.666	7.482	913	1.457	1.185
2034	11.309	11.789	11.549	7.406	7.790	7.598	914	1.481	1.197
2035	11.455	11.955	11.705	7.514	7.914	7.714	914	1.505	1.210
2036	11.601	12.121	11.861	7.622	8.038	7.830	914	1.529	1.222
2037	11.747	12.287	12.017	7.730	8.162	7.946	915	1.553	1.234
2038	11.893	12.453	12.173	7.838	8.286	8.062	915	1.577	1.246
2039	12.039	12.619	12.329	7.946	8.410	8.178	916	1.601	1.258
2040	12.185	12.785	12.485	8.054	8.534	8.294	916	1.625	1.270

Tabla 5.2

Proyección demográfica por el método exponencial.

Año de proyección	Población proyectada en el sector urbano de Sucúa			Población proyectada en el sector rural de Sucúa			Población proyectada en Santa Marianita de Jesús		
	con tasa r _{g1}	con tasa r _{g2}	con tasa r _{g.prom}	con tasa r _{g1}	con tasa r _{g2}	con tasa r _{g.prom}	con tasa r _{g1}	con tasa r _{g2}	con tasa r _{g.prom}
2010	7.805	7.805	7.805	4.814	4.814	4.814	905	905	905
2011	8.016	7.992	8.004	4.986	4.957	4.971	905	933	919
2012	8.232	8.183	8.207	5.164	5.104	5.134	906	962	933
2013	8.454	8.378	8.416	5.348	5.255	5.301	906	992	948
2014	8.683	8.579	8.631	5.538	5.411	5.474	907	1.022	963
2015	8.917	8.784	8.850	5.736	5.571	5.653	907	1.054	978
2016	9.158	8.994	9.075	5.941	5.736	5.838	908	1.086	993
2017	9.405	9.209	9.306	6.153	5.906	6.028	908	1.120	1.009
2018	9.659	9.429	9.543	6.372	6.081	6.225	909	1.155	1.024
2019	9.920	9.654	9.786	6.599	6.262	6.428	909	1.190	1.040
2020	10.188	9.885	10.035	6.835	6.447	6.638	910	1.227	1.057
2021	10.463	10.121	10.291	7.079	6.638	6.855	910	1.265	1.073
2022	10.746	10.363	10.553	7.331	6.835	7.079	911	1.304	1.090
2023	11.036	10.611	10.821	7.593	7.038	7.310	911	1.345	1.107
2024	11.334	10.865	11.097	7.863	7.247	7.549	912	1.386	1.124
2025	11.640	11.124	11.379	8.144	7.461	7.795	912	1.429	1.142
2026	11.954	11.390	11.669	8.434	7.683	8.050	913	1.473	1.160
2027	12.277	11.663	11.966	8.735	7.910	8.312	913	1.519	1.178
2028	12.608	11.942	12.270	9.047	8.145	8.584	914	1.566	1.196
2029	12.949	12.227	12.583	9.369	8.386	8.864	914	1.614	1.215
2030	13.298	12.519	12.903	9.704	8.635	9.154	915	1.664	1.234
2031	13.658	12.819	13.231	10.050	8.891	9.453	915	1.716	1.253
2032	14.026	13.125	13.568	10.408	9.154	9.761	916	1.769	1.273
2033	14.405	13.439	13.914	10.780	9.426	10.080	916	1.824	1.292
2034	14.794	13.760	14.268	11.164	9.705	10.409	917	1.880	1.313
2035	15.193	14.089	14.631	11.562	9.993	10.749	917	1.938	1.333
2036	15.604	14.426	15.003	11.975	10.289	11.100	918	1.998	1.354
2037	16.025	14.771	15.385	12.402	10.594	11.462	918	2.060	1.375
2038	16.458	15.124	15.777	12.844	10.908	11.837	919	2.124	1.397
2039	16.902	15.485	16.178	13.302	11.232	12.223	919	2.189	1.418
2040	17.359	15.856	16.590	13.777	11.565	12.622	920	2.257	1.441

Tabla 5.3

Proyección demográfica en función de la tasa de crecimiento del cantón Sucúa según GAD-Sucúa. (2014).

Año de proyección	Población proyectada en el sector urbano de Sucúa	Población proyectada en el sector rural de Sucúa	Población proyectada en Santa Marianita de Jesús
2010	7.805	4.814	905
2011	8016	4.944	929
2012	8.232	5.078	955
2013	8.455	5.215	980
2014	8.683	5.355	1.007
2015	8.917	5.500	1.034
2016	9.158	5.649	1.062
2017	9.405	5.801	1.091
2018	9.659	5.958	1.120
2019	9.920	6.119	1.150
2020	10.188	6.284	1.181
2021	10.463	6.454	1.213
2022	10.746	6.628	1.246
2023	11.036	6.807	1.280
2024	11.334	6.991	1.314
2025	11.640	7.180	1.350
2026	11.955	7.373	1.386
2027	12.277	7.573	1.424
2028	12.609	7.777	1.462
2029	12.950	7.987	1.502
2030	13.299	8.203	1.542
2031	13.658	8.424	1.584
2032	14.027	8.652	1.626
2033	14.406	8.885	1.670
2034	14.795	9.125	1.716
2035	15.195	9.372	1.762
2036	15.605	9.625	1.809
2037	16.026	9.885	1.858
2038	16.459	10.152	1.908
2039	16.904	10.426	1.960
2040	17.360	10.707	2.013

Tabla 5.4

Proyección demográfica en función de las tasas de crecimiento anual del cantón Sucúa, según el INEC.

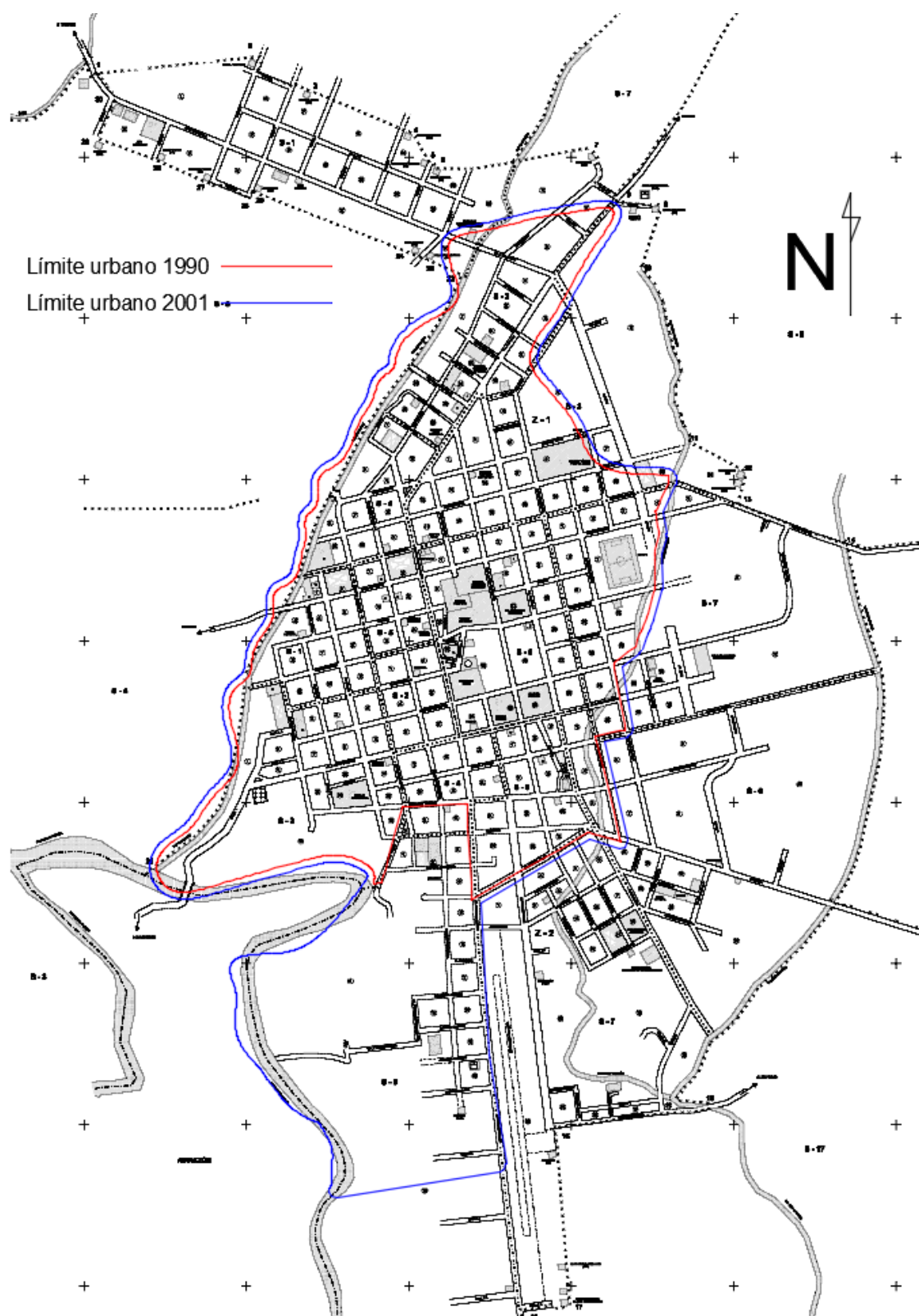
Año de proyección	Población proyectada en el sector urbano de Sucúa	Población proyectada en el sector rural de Sucúa	Población proyectada en Santa Marianita de Jesús
2010	7.805	4.814	905
2011	8.016	4.944	929
2012	8.225	5.073	954
2013	8.433	5.201	978
2014	8.638	5.328	1.002
2015	8.839	5.452	1.025
2016	9.037	5.574	1.048
2017	9.233	5.695	1.071
2018	9.425	5.813	1.093
2019	9.614	5.930	1.115
2020	9.798	6.043	1.136
2021	9.978	6.154	1.157
2022	10.154	6.263	1.177
2023	10.326	6.369	1.197
2024	10.494	6.472	1.217
2025	10.656	6.573	1.236
2026	10.814	6.670	1.254
2027	10.968	6.765	1.272
2028	11.117	6.857	1.289
2029	11.262	6.946	1.306
2030	11.402	7.032	1.322

Tabla 5.5

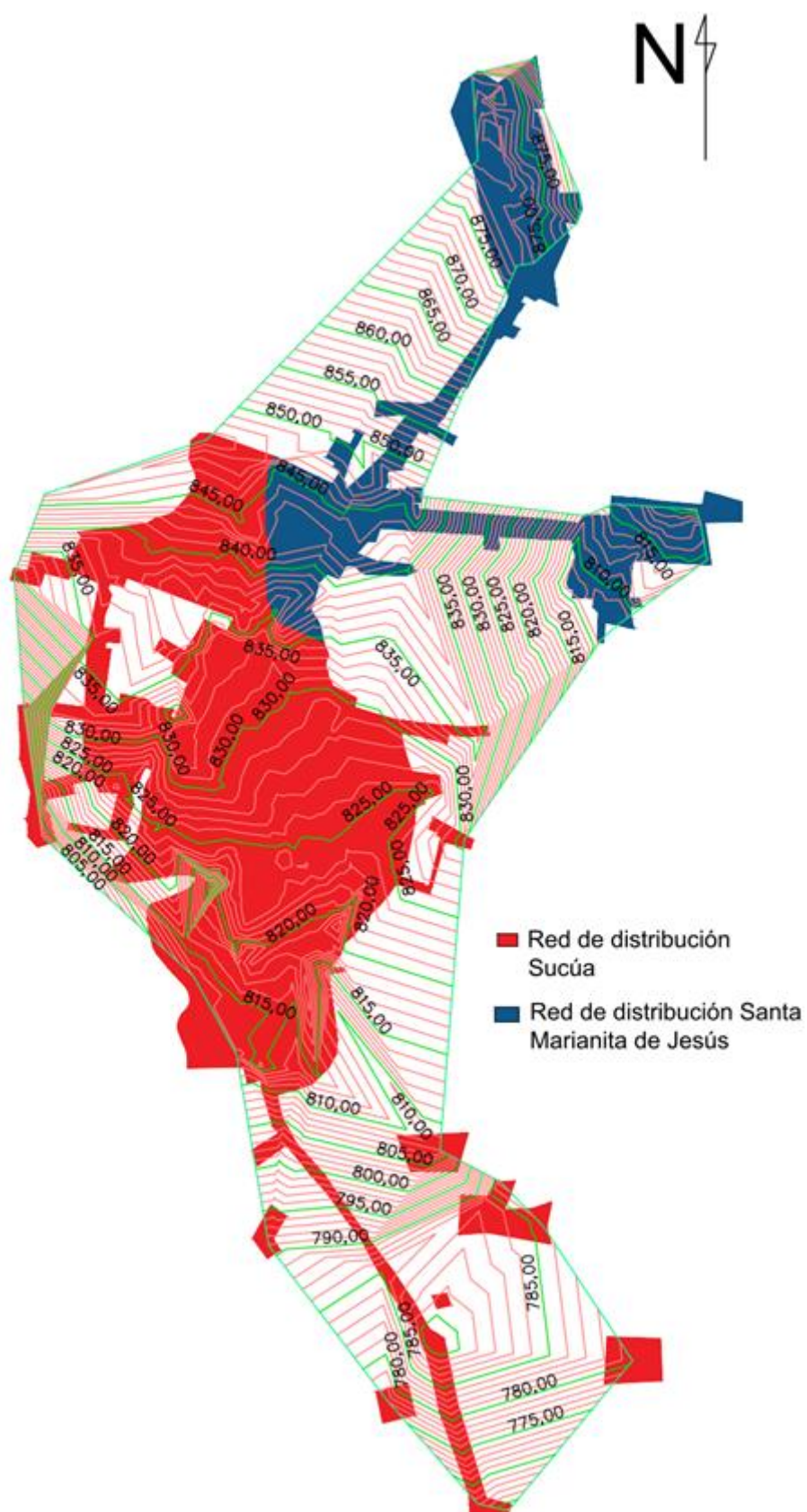
Proyección de población servida por el sistema de agua potable.

Año de proyección	Población proyectada en el sector urbano de Sucúa	Población proyectada en el sector rural de Sucúa	Población proyectada en Santa Marianita de Jesús
2010	7.745	2.375	632
2011	7.900	2.433	644
2012	8.056	2.491	656
2013	8.212	2.549	668
2014	8.367	2.608	680
2015	8.523	2.666	692
2016	8.678	2.724	704
2017	8.834	2.783	717
2018	8.990	2.841	729
2019	9.146	2.900	742
2020	9.301	2.958	754
2021	9.457	3.017	767
2022	9.613	3.076	780
2023	9.769	3.134	792
2024	9.925	3.193	805
2025	10.081	3.252	818
2026	10.237	3.311	831
2027	10.392	3.370	845
2028	10.548	3.428	858
2029	10.704	3.487	871
2030	10.861	3.546	885
2031	11.017	3.605	898
2032	11.173	3.665	912
2033	11.329	3.724	926
2034	11.485	3.783	939
2035	11.641	3.842	953
2036	11.797	3.901	967
2037	11.954	3.961	981
2038	12.110	4.020	996
2039	12.266	4.079	1.010
2040	12.423	4.139	1.024

Anexo 6. Delimitación urbana de Sucúa en 1990 y 2001 según el INEC.



Anexo 7. Planimetría de Sucúa y Santa Marianita de Jesús.



Anexo 8. Información de nudos y tuberías que conforman la red existente.

Tabla 8.1
Información de nudos en Santa Marianita de Jesús.

Nudo	Área (Ha)	Cota (msnm)	QMD 2017 (l/s)	QMD 2040 (l/s)	Nudo	Área (Ha)	Cota (msnm)	QMD 2017 (l/s)	QMD 2040 (l/s)	Nudo	Área (Ha)	Cota (msnm)	QMD 2017 (l/s)	QMD 2040 (l/s)
1	0,04	876,76	0,002	0,003	18	0,66	878,67	0,036	0,051	35	3,30	878,56	0,183	0,258
2	0,59	877,75	0,032	0,046	19	0,80	877,47	0,044	0,062	36	0,66	878,56	0,036	0,051
3	1,34	874,85	0,074	0,105	20	3,82	878,47	0,211	0,299	37	0,98	877,86	0,054	0,077
4	2,77	879,1	0,153	0,216	21	3,53	876,15	0,195	0,276	38	2,84	875,04	0,157	0,222
5	0,57	879,25	0,031	0,044	22	0,35	876,76	0,020	0,028	39	2,63	875,5	0,146	0,206
6	3,13	878,69	0,173	0,245	23	1,59	876,95	0,088	0,124	40	2,99	876,27	0,165	0,234
7	0,80	878,97	0,044	0,062	24	1,34	877,28	0,074	0,105	41	0,63	879,45	0,035	0,049
8	1,07	879,1	0,059	0,084	25	1,68	864,11	0,093	0,131	42	0,65	878,12	0,036	0,051
9	2,88	876,12	0,160	0,225	26	2,83	876,76	0,156	0,221	43	1,40	868,05	0,077	0,109
10	0,49	879,69	0,027	0,038	27	2,71	871,32	0,150	0,212	44	2,40	877,9	0,133	0,188
11	0,90	879,38	0,050	0,070	28	2,71	876,93	0,150	0,212	45	2,88	876,29	0,159	0,225
12	0,57	879,6	0,031	0,044	29	0,86	877,85	0,048	0,068	46	1,34	868,06	0,074	0,105
13	0,68	879,45	0,038	0,053	30	2,81	878,71	0,156	0,220	47	3,14	871,26	0,174	0,246
14	1,12	876,27	0,062	0,088	31	1,01	879,69	0,056	0,079	48	3,28	876,8	0,181	0,256
15	0,86	877,68	0,047	0,067	32	0,82	879,05	0,045	0,064	49	1,412	878,28	0,078	0,110
16	1,57	878,81	0,087	0,123	33	2,07	879,53	0,115	0,162	50	1,818	878,28	0,101	0,142
17	0,57	879,08	0,032	0,045	34	1,27	878,76	0,070	0,099	51	7,822	876,98	0,433	0,611

Tabla 8.2
Información de nudos en el sector rural de Sucúa.

Nudo	Área (Ha)	Cota (msnm)	QMD 2017 (l/s)	QMD 2040 (l/s)	Nudo	Área (Ha)	Cota (msnm)	QMD 2017 (l/s)	QMD 2040 (l/s)	Nudo	Área (Ha)	Cota (msnm)	QMD 2017 (l/s)	QMD 2040 (l/s)
52	0,73	814,48	0,031	0,049	113	0,20	824,12	0,008	0,013	530	5,694	777,12	0,242	0,041
53	1,00	815,23	0,042	0,067	114	0,11	824,15	0,005	0,008	531	7,627	767,27	0,324	0,083
54	0,99	814,91	0,042	0,066	115	0,08	824,95	0,003	0,005	532	1,225	763,72	0,052	0,081
55	1,00	815,06	0,043	0,067	116	0,37	824,95	0,016	0,025	533	1,017	789,39	0,043	0,012
56	1,02	813,96	0,043	0,068	117	0,46	825,65	0,020	0,031	534	2,889	789,72	0,123	0,052
57	1,12	811,79	0,047	0,074	118	0,27	826,46	0,011	0,018	535	9,539	786,78	0,405	0,182
58	1,29	812,37	0,055	0,086	119	0,23	826,53	0,010	0,015	536	1,945	782,61	0,083	0,095
59	1,29	812,65	0,055	0,086	120	0,48	826,46	0,020	0,032	537	6,258	784,48	0,266	0,155
60	1,29	811,28	0,055	0,086	121	0,26	826,58	0,011	0,017	538	1,825	803,84	0,077	0,028
61	0,99	810,79	0,042	0,066	122	0,24	824,08	0,010	0,016	539	11,59	808,05	0,492	0,035
62	0,46	809,2	0,020	0,031	123	0,12	826,71	0,005	0,008	540	1,417	802,78	0,060	0,048
63	0,37	808,83	0,016	0,025	133	5,89	813,2	0,250	0,216	541	1,987	802,68	0,084	0,036
64	1,05	809,86	0,044	0,070	134	4,97	815,23	0,211	0,102	544	3,404	801,89	0,144	0,014
65	1,25	810,61	0,053	0,083	164	1,81	819,87	0,077	0,145	545	4,825	790,87	0,205	0,032
66	1,26	811,67	0,053	0,084	165	3,99	819,45	0,169	0,375	558	0,217	825,16	0,009	1,338
67	1,51	811,2	0,064	0,101	183	2,06	815,87	0,087	0,773	559	2,143	814,8	0,091	0,510
68	0,40	808,05	0,017	0,027	184	4,45	814,78	0,189	0,094	560	0,43	835,25	0,018	0,321
69	0,98	808,79	0,041	0,065	189	5,74	810,58	0,243	0,143	561	0,525	833,12	0,022	0,256
70	1,02	809,35	0,043	0,068	190	1,52	811,35	0,064	0,029	562	0,493	832,35	0,021	0,582
71	1,01	810,09	0,043	0,067	192	4,36	812,43	0,185	0,033	563	0,626	836,36	0,027	0,352

Nudo	Área (Ha)	Cota (msnm)	QMD 2017 (l/s)	QMD 2040 (l/s)	Nudo	Área (Ha)	Cota (msnm)	QMD 2017 (l/s)	QMD 2040 (l/s)	Nudo	Área (Ha)	Cota (msnm)	QMD 2017 (l/s)	QMD 2040 (l/s)
72	1,19	809,54	0,050	0,079	193	3,24	810,15	0,138	0,042	564	0,192	832,51	0,008	0,557
73	0,47	808,1	0,020	0,031	479	1,53	838,2	0,065	0,050	565	0,405	834,14	0,017	0,378
74	0,67	809,09	0,029	0,045	482	0,81	838,14	0,035	0,150	566	0,652	837,04	0,028	0,432
75	1,00	809,05	0,043	0,067	483	6,00	845,39	0,254	0,071	567	4,328	837,9	0,184	0,047
76	0,39	808,34	0,016	0,026	484	5,48	848,8	0,232	0,018	570	1,57	844,57	0,067	0,049
77	1,06	808,23	0,045	0,070	485	0,97	848,56	0,041	0,085	571	10,78	846,42	0,457	0,037
78	0,85	808,12	0,036	0,057	486	4,13	846,11	0,175	0,244	572	2,564	843,68	0,109	0,102
79	1,05	809,21	0,044	0,070	487	1,74	846,11	0,074	0,073	573	5,275	844,8	0,224	0,108
80	0,51	811,42	0,022	0,034	488	0,83	848,04	0,035	0,079	574	2,795	843,76	0,119	0,056
81	0,76	812,56	0,032	0,051	489	0,36	833,4	0,015	0,081	575	1,665	845,89	0,071	0,121
82	1,06	814,86	0,045	0,071	490	1,06	838,32	0,045	0,068	576	3,767	842,92	0,160	0,175
83	1,17	815,46	0,050	0,078	491	1,34	835,49	0,057	0,067	577	7,515	843,62	0,319	0,159
84	1,17	816,38	0,050	0,078	492	0,48	835,52	0,020	0,068	578	2,217	840,14	0,094	0,280
85	1,18	817,78	0,050	0,079	493	0,29	834,64	0,012	0,084	579	8,437	842,26	0,358	0,099
86	1,19	818,31	0,051	0,079	494	0,32	834,28	0,013	0,039	580	2,823	844,59	0,120	0,136
87	3,23	816,94	0,137	0,215	495	8,07	836,04	0,343	0,080	582	5,635	838,6	0,239	1,632
88	0,73	815,97	0,031	0,049	496	0,50	835,71	0,021	0,042	583	2,227	849,71	0,095	0,075
89	0,98	819,85	0,042	0,066	497	8,39	833,91	0,356	0,039	584	1,993	845,33	0,085	0,063
90	0,45	809,12	0,019	0,030	498	3,88	831,12	0,165	0,038	585	0,767	846,58	0,033	0,048
91	1,23	812,43	0,052	0,082	499	1,79	825,96	0,076	0,035	586	1,17	849,4	0,050	0,045
92	1,05	816,21	0,045	0,070	500	6,44	833,04	0,273	0,180	587	2,164	849,53	0,092	0,130
93	1,26	813,79	0,053	0,084	501	8,74	810,6	0,371	0,055	588	2,95	848,22	0,125	0,040
94	0,44	808,12	0,018	0,029	502	3,96	801,8	0,168	0,205	589	0,627	850,79	0,027	0,121
95	1,04	817	0,044	0,069	503	4,21	800,25	0,179	0,103	590	3,797	845,19	0,161	0,128
96	1,26	814,17	0,053	0,084	504	3,68	825,51	0,156	0,048	594	3,164	842,3	0,134	0,158
97	1,45	815,09	0,062	0,097	505	2,18	825,27	0,092	0,048	595	3,809	841,45	0,162	0,178
98	0,96	820,06	0,041	0,064	506	5,00	823,78	0,212	0,045	596	0,714	841,09	0,030	0,094
99	1,25	816,57	0,053	0,084	507	4,81	825,09	0,204	0,826	597	1,096	842,61	0,047	0,061
100	1,25	816,81	0,053	0,083	508	0,81	824,29	0,034	0,040	598	5,664	842,81	0,240	0,038
101	1,20	818,08	0,051	0,080	509	4,30	830,02	0,182	0,115	599	0,557	840,37	0,024	0,033
102	0,94	820,9	0,040	0,063	510	3,40	837,35	0,144	0,090	600	1,223	842,01	0,052	0,069
103	3,64	821,7	0,154	0,243	511	2,18	833,07	0,092	0,026	601	1,448	844,52	0,061	0,056
104	0,86	816,95	0,073	0,115	514	5,62	830,67	0,239	0,042	602	2,607	844,51	0,111	0,087
105	1,10	816,67	0,047	0,074	522	0,81	785,19	0,034	0,145	603	1,348	848,02	0,057	0,867
106	0,87	815,76	0,037	0,058	523	1,52	785,13	0,065	0,088	604	6,341	847,68	0,269	0,788
107	0,56	812,22	0,024	0,038	524	3,15	787,59	0,134	0,043	643	6,596	836,47	0,280	0,318
108	1,24	813,81	0,053	0,083	525	2,04	790,99	0,086	0,200	656	2,137	815,62	0,091	0,138
109	0,62	808,23	0,026	0,041	526	1,17	790,26	0,050	0,050	660	1,197	839,66	0,051	0,070
110	9,88	811,12	0,419	0,659	527	1,21	790,91	0,051	0,061	661	2,809	835,1	0,119	0,987
111	0,49	808,89	0,021	0,032	528	13,18	780,43	0,559	0,083					
112	0,31	825,48	0,013	0,021	529	8,18	787,19	0,347	0,140					

Tabla 8.3
Información de nudos en el sector urbano de Sucúa.

Nudo	Área (Ha)	Cota (msnm)	QMD 2017 (l/s)	QMD 2040 (l/s)	Nudo	Área (Ha)	Cota (msnm)	QMD 2017 (l/s)	QMD 2040 (l/s)	Nudo	Área (Ha)	Cota (msnm)	QMD 2017 (l/s)	QMD 2040 (l/s)
124	1,66	826,03	0,156	0,227	277	1,48	817,17	0,139	0,202	420	1,032	830,86	0,097	0,141
125	1,55	836,55	0,147	0,212	278	13,48	815,63	1,271	1,842	421	1,079	830,15	0,102	0,147
126	1,21	836,4	0,114	0,166	279	1,34	825,96	0,127	0,184	422	1,04	829,56	0,098	0,142
127	1,62	837,36	0,153	0,222	280	0,80	826,01	0,076	0,110	423	1,058	828,18	0,100	0,145
128	2,45	814,46	0,231	0,335	281	0,51	826,57	0,048	0,070	424	0,641	827,16	0,060	0,088
129	1,67	815,87	0,158	0,229	282	1,17	826,15	0,110	0,160	425	0,312	827,42	0,029	0,043
130	0,83	829,79	0,078	0,113	283	0,60	821,08	0,056	0,082	426	1,466	828,49	0,138	0,200
131	0,55	830,64	0,052	0,075	284	0,30	822,3	0,028	0,041	427	0,363	826,83	0,034	0,050
132	0,70	816,2	0,066	0,095	285	0,17	822,94	0,016	0,024	428	0,444	826,73	0,042	0,061
135	0,27	824,01	0,026	0,037	286	0,49	823,26	0,046	0,067	429	0,609	828,45	0,057	0,083
136	0,48	824,57	0,046	0,066	287	0,64	822,49	0,060	0,088	430	1,023	826,74	0,096	0,140
137	1,06	820,86	0,100	0,145	288	0,45	824,27	0,043	0,062	431	0,297	827,43	0,028	0,041
138	1,10	821,59	0,104	0,151	289	0,86	822,19	0,081	0,117	432	0,607	825,07	0,057	0,083
139	0,68	828,67	0,064	0,092	290	1,09	824,08	0,103	0,149	433	0,592	824,17	0,056	0,081
140	1,19	828,71	0,112	0,163	291	0,90	825,96	0,085	0,123	434	0,088	823,98	0,008	0,012
141	2,98	829,38	0,281	0,407	292	0,66	825,74	0,063	0,091	435	0,382	824,98	0,036	0,052
142	1,30	828,28	0,123	0,178	293	124,79	825,89	11,765	17,051	436	1,333	823,91	0,126	0,182
143	1,69	829,17	0,159	0,231	294	1,13	825,6	0,107	0,155	437	0,693	824,46	0,065	0,095
144	0,66	827,56	0,062	0,090	295	0,92	824,77	0,086	0,125	438	1,136	824,46	0,107	0,155
145	1,48	827,27	0,139	0,202	296	0,58	825,22	0,055	0,079	439	0,207	824,7	0,019	0,028
146	1,13	826,51	0,106	0,154	297	0,54	824,96	0,051	0,074	440	0,253	824,84	0,024	0,035
147	10,57	826,17	0,996	1,444	298	2,26	824,13	0,213	0,308	441	0,354	824,86	0,033	0,048
148	5,30	826,58	0,499	0,724	299	0,64	824,99	0,061	0,088	442	0,264	824,61	0,025	0,036
149	0,87	825,24	0,082	0,119	300	1,35	826,39	0,128	0,185	443	0,243	824,63	0,023	0,033
150	11,45	824,99	1,080	1,565	301	1,23	826,04	0,116	0,168	444	0,257	823,96	0,024	0,035
151	0,66	824	0,062	0,090	302	0,80	826,34	0,075	0,109	445	0,104	824,53	0,010	0,014
152	0,66	824,05	0,063	0,091	303	0,64	826,27	0,060	0,087	446	0,231	824,53	0,022	0,032
153	0,32	824,15	0,030	0,044	304	1,18	827,41	0,111	0,161	447	0,753	824,48	0,071	0,103
154	0,67	824,06	0,063	0,091	305	1,09	827,11	0,103	0,149	448	1,502	824,46	0,142	0,205
155	0,36	824,69	0,034	0,050	306	0,99	826,56	0,094	0,136	449	1,028	821,04	0,097	0,140
156	1,44	818,24	0,136	0,197	307	0,97	825,9	0,091	0,132	450	1,283	822,07	0,121	0,175
157	1,26	818,57	0,119	0,173	308	0,79	825,58	0,075	0,108	451	0,661	820,13	0,062	0,090
158	0,97	818,04	0,092	0,133	309	1,08	827,42	0,102	0,148	452	1,027	821,76	0,097	0,140
159	1,42	818,74	0,134	0,194	310	0,62	827,96	0,059	0,085	453	1,26	824,32	0,119	0,172
160	1,64	817,72	0,154	0,224	311	0,99	826,84	0,094	0,136	454	1,403	837,24	0,132	0,192
161	1,33	817,56	0,125	0,181	312	0,80	826,56	0,075	0,109	455	3,235	837,27	0,305	0,442
162	1,07	818,58	0,101	0,146	313	6,76	824,92	0,638	0,924	456	0	847,53	0,000	0,000
163	0,96	819,01	0,091	0,132	314	0,29	824,42	0,028	0,040	457	0	847,14	0,000	0,000
166	0,68	818,52	0,064	0,093	315	0,74	825,57	0,070	0,102	458	1,894	836,13	0,179	0,259
167	1,05	818,87	0,099	0,144	316	0,94	828,12	0,089	0,129	459	9,79	838,67	0,923	1,338
168	1,46	819,67	0,138	0,199	317	0,51	827,84	0,048	0,069	460	3,734	837,97	0,352	0,510
169	1,13	818,8	0,107	0,155	318	1,06	831,34	0,100	0,145	461	2,35	837,33	0,222	0,321
170	0,54	821,52	0,051	0,074	319	0,55	829,86	0,052	0,076	462	1,876	838,87	0,177	0,256
171	2,72	821,55	0,256	0,372	320	1,00	829,07	0,094	0,137	463	4,258	839,55	0,401	0,582
172	0,96	823,73	0,091	0,131	321	1,37	828,68	0,129	0,187	464	2,578	837,35	0,243	0,352
173	2,21	821,69	0,208	0,301	322	0,52	829,19	0,049	0,071	465	4,077	843,85	0,384	0,557
174	1,14	823,47	0,107	0,156	323	1,12	831,1	0,106	0,153	466	2,765	837,9	0,261	0,378
175	0,99	821,58	0,093	0,135	324	1,32	830,34	0,124	0,180	467	3,165	840,98	0,298	0,432

Nudo	Área (Ha)	Cota (msnm)	QMD 2017 (l/s)	QMD 2040 (l/s)	Nudo	Área (Ha)	Cota (msnm)	QMD 2017 (l/s)	QMD 2040 (l/s)	Nudo	Área (Ha)	Cota (msnm)	QMD 2017 (l/s)	QMD 2040 (l/s)
176	1,45	820,45	0,137	0,198	325	1,10	832,21	0,104	0,151	468	0,345	832,27	0,032	0,047
177	1,35	821,5	0,127	0,184	326	0,79	831,55	0,074	0,108	469	5,115	838,42	0,482	0,699
178	1,16	820,51	0,109	0,158	327	0,77	829,46	0,072	0,105	470	1,037	820,96	0,098	0,142
179	1,00	819,99	0,094	0,136	328	0,95	829,51	0,089	0,130	471	0,359	821,01	0,034	0,049
180	1,13	819,89	0,107	0,155	329	0,62	829,81	0,059	0,085	472	0,268	819,91	0,025	0,037
181	1,20	822,02	0,113	0,164	330	1,28	830,26	0,121	0,175	473	0,748	819,49	0,071	0,102
182	0,79	816,08	0,075	0,109	331	0,54	829,61	0,051	0,074	474	0,789	822,23	0,074	0,108
185	1,00	823,19	0,094	0,136	332	1,04	830,74	0,098	0,142	475	0,411	820,95	0,039	0,056
186	0,88	821,83	0,083	0,121	333	1,05	831,34	0,099	0,144	476	0,888	816,62	0,084	0,121
187	1,56	823,81	0,147	0,214	334	1,02	832,58	0,096	0,140	477	1,283	817,2	0,121	0,175
188	1,41	824,24	0,133	0,192	335	0,73	832,67	0,069	0,099	478	1,161	816,91	0,110	0,159
191	1,70	811,59	0,160	0,232	336	0,90	829,49	0,085	0,123	480	2,047	838,18	0,193	0,280
194	3,23	816,28	0,304	0,441	337	0,62	829,01	0,059	0,085	481	0,722	837,73	0,068	0,099
195	1,64	822,91	0,154	0,224	338	0,95	829,8	0,090	0,130	512	0,994	824,36	0,094	0,136
196	0,71	824,47	0,067	0,097	339	0,90	829,86	0,085	0,123	513	0,612	834,56	0,058	0,084
197	0,74	824,67	0,070	0,101	340	0,45	830,17	0,042	0,061	515	11,95	823,3	1,126	1,632
198	0,33	822,78	0,031	0,045	341	0,98	831,17	0,093	0,134	516	0,552	824,45	0,052	0,075
199	8,79	814,88	0,829	1,201	342	0,98	830,63	0,092	0,134	517	0,461	824,49	0,043	0,063
200	5,21	813,62	0,491	0,712	343	0,95	831,77	0,090	0,130	518	0,355	824,29	0,033	0,048
201	0,89	814,84	0,084	0,121	344	0,93	832,34	0,088	0,127	519	0,326	831,99	0,031	0,045
202	2,42	815,94	0,228	0,330	345	0,26	831,32	0,025	0,036	520	0,951	822,3	0,090	0,130
203	1,08	814,25	0,102	0,147	346	0,66	833	0,062	0,090	521	0,294	824,38	0,028	0,040
204	2,61	815,5	0,246	0,356	347	0,45	831,56	0,043	0,062	542	0,886	819,3	0,084	0,121
205	1,58	814,54	0,149	0,215	348	0,41	831,48	0,038	0,056	543	0,936	818,68	0,088	0,128
206	1,66	814,37	0,157	0,227	349	1,71	832,22	0,162	0,234	546	0	847,06	0,000	0,000
207	2,97	814,62	0,280	0,406	350	0,49	831,73	0,046	0,066	547	0	847,08	0,000	0,000
208	1,34	814,84	0,127	0,184	351	0,32	832,02	0,031	0,044	548	1,043	837,05	0,098	0,143
209	1,65	815,94	0,156	0,226	352	0,23	831,97	0,022	0,031	549	1,154	836,35	0,109	0,158
210	0,85	815,79	0,081	0,117	353	1,45	832,5	0,137	0,199	550	1,305	836,18	0,123	0,178
211	3,57	815,56	0,336	0,488	354	0,24	831,97	0,022	0,032	551	0,688	837,73	0,065	0,094
212	0,99	816,34	0,094	0,136	355	1,38	832,59	0,130	0,189	552	0,446	827,23	0,042	0,061
213	1,14	817,71	0,108	0,156	356	0,57	828,47	0,054	0,078	553	0,275	828,49	0,026	0,038
214	2,83	808,19	0,267	0,387	357	0,61	831	0,058	0,083	554	0,244	828,48	0,023	0,033
215	0,59	822,76	0,056	0,081	358	0,51	830,94	0,048	0,070	555	0,503	829,78	0,047	0,069
216	1,06	817,42	0,100	0,145	359	0,58	831,37	0,055	0,080	556	0,408	831,49	0,038	0,056
217	1,90	818,4	0,179	0,259	360	0,65	832,08	0,061	0,089	557	0,635	830,89	0,060	0,087
218	2,89	818,81	0,273	0,395	361	0,42	831,73	0,039	0,057	568	6,343	836,21	0,598	0,867
219	1,09	822,29	0,103	0,149	362	1,17	832,48	0,111	0,160	569	5,765	836,02	0,544	0,788
220	1,30	824,57	0,122	0,177	363	0,18	831,62	0,017	0,025	581	1,326	834,75	0,125	0,181
221	2,37	819,6	0,223	0,323	364	0,15	831,77	0,014	0,020	591	0,573	825,35	0,054	0,078
222	0,94	823,19	0,088	0,128	365	0,36	831,69	0,034	0,050	592	0,603	824,41	0,057	0,082
223	0,51	824,34	0,048	0,070	366	0,42	831,86	0,039	0,057	593	0,533	826,91	0,050	0,073
224	0,67	820,61	0,064	0,092	367	0,27	832,04	0,026	0,037	605	0,335	830,71	0,032	0,046
225	1,14	824,66	0,107	0,156	368	0,16	831,87	0,015	0,022	606	0,291	830,71	0,027	0,040
226	1,34	824,99	0,126	0,183	369	0,52	833,31	0,049	0,071	607	0,273	830,1	0,026	0,037
227	3,02	824,82	0,285	0,413	370	1,59	816,94	0,150	0,217	608	0,572	829,19	0,054	0,078
228	1,33	826,24	0,125	0,181	371	1,75	832,43	0,165	0,240	609	0,34	828,78	0,032	0,047
229	1,32	825,56	0,124	0,180	372	0,52	829,61	0,049	0,072	610	0,569	828,77	0,054	0,078

Nudo	Área (Ha)	Cota (msnm)	QMD 2017 (l/s)	QMD 2040 (l/s)	Nudo	Área (Ha)	Cota (msnm)	QMD 2017 (l/s)	QMD 2040 (l/s)	Nudo	Área (Ha)	Cota (msnm)	QMD 2017 (l/s)	QMD 2040 (l/s)
230	1,10	823,98	0,104	0,150	373	0,53	829,86	0,050	0,072	611	0,696	827,88	0,066	0,095
231	1,00	827,55	0,095	0,137	374	0,27	829,32	0,025	0,037	612	0,465	831,37	0,044	0,064
232	1,37	828,21	0,129	0,187	375	0,10	835,15	0,009	0,013	613	0,247	830,71	0,023	0,034
233	1,06	827,17	0,100	0,145	376	0,40	831,79	0,038	0,055	614	0,216	830,71	0,020	0,029
234	1,10	826,72	0,104	0,151	377	0,64	831,89	0,060	0,088	615	0,265	830,1	0,025	0,036
235	1,34	825,45	0,126	0,183	378	0,68	833,43	0,064	0,093	616	0,329	827,88	0,031	0,045
236	0,82	825,31	0,078	0,113	379	0,52	834,89	0,049	0,071	617	0,247	827,81	0,023	0,034
237	1,03	827,91	0,097	0,141	380	0,36	832,03	0,034	0,050	618	0,375	827,27	0,035	0,051
238	0,63	827,65	0,059	0,085	381	0,56	827,78	0,053	0,077	619	0,867	827,81	0,082	0,119
239	1,00	829,34	0,094	0,136	382	1,34	829,96	0,127	0,184	620	0,502	832,1	0,047	0,069
240	1,29	829,15	0,121	0,176	383	1,10	829,36	0,104	0,150	621	0,515	832,1	0,049	0,070
241	0,55	830,96	0,051	0,075	384	0,52	831,65	0,049	0,071	622	0,84	827,65	0,079	0,115
242	1,41	830,47	0,133	0,193	385	0,13	831,66	0,013	0,018	623	0,476	826,09	0,045	0,065
243	1,27	831,04	0,120	0,173	386	0,63	830,19	0,059	0,085	624	0,95	827,46	0,090	0,130
244	1,20	830,76	0,113	0,164	387	1,79	829,69	0,168	0,244	625	1,007	827,79	0,095	0,138
245	0,92	831,28	0,087	0,126	388	0,53	831,05	0,050	0,073	626	1,097	828,79	0,103	0,150
246	3,43	831,98	0,323	0,469	389	0,57	832,68	0,054	0,079	627	0,948	829,59	0,089	0,130
247	0,33	831,44	0,031	0,045	390	0,59	829,78	0,056	0,081	628	0,972	828,34	0,092	0,133
248	1,41	832,24	0,133	0,193	391	0,50	831,06	0,047	0,068	629	0,982	827,52	0,093	0,134
249	1,24	832,52	0,117	0,169	392	0,49	830,32	0,046	0,067	630	1,058	827,47	0,100	0,145
250	0,47	831,89	0,045	0,065	393	0,50	830,18	0,047	0,068	631	3,549	832,25	0,335	0,485
251	1,43	832,65	0,135	0,196	394	0,61	832,68	0,058	0,084	632	0,49	830,32	0,046	0,067
252	0,62	832,11	0,058	0,085	395	0,29	830,64	0,027	0,039	633	0,487	828,63	0,046	0,067
253	0,49	831,42	0,046	0,067	396	0,59	831,39	0,055	0,080	634	0,475	828,71	0,045	0,065
254	0,48	831,9	0,045	0,066	397	0,31	830,22	0,029	0,042	635	0,503	822,51	0,047	0,069
255	0,75	831,52	0,071	0,103	398	0,29	830,64	0,027	0,039	636	1,118	826,42	0,105	0,153
256	1,27	834,16	0,119	0,173	399	0,27	830,55	0,026	0,038	637	0,779	831,97	0,073	0,106
257	1,14	816,61	0,108	0,156	400	0,26	830,54	0,024	0,035	638	3,593	828,53	0,339	0,491
258	0,75	815,49	0,071	0,103	401	1,31	825,14	0,124	0,180	639	2,325	827,59	0,219	0,318
259	0,12	822,52	0,012	0,017	402	0,41	824,46	0,038	0,055	640	0,542	826,88	0,051	0,074
260	0,17	822,5	0,016	0,024	403	1,50	833,28	0,142	0,205	641	1,018	829,01	0,096	0,139
261	0,56	827,38	0,053	0,076	404	0,76	829,2	0,071	0,103	642	6,934	829,24	0,654	0,948
262	0,55	828,28	0,052	0,075	405	0,35	829,12	0,033	0,048	644	0,873	827,18	0,082	0,119
263	0,47	826,76	0,044	0,064	406	0,35	829,15	0,033	0,048	645	0,76	828,73	0,072	0,104
264	0,34	827,81	0,032	0,046	407	0,33	828,43	0,031	0,045	646	0,518	828,33	0,049	0,071
265	0,42	827,23	0,040	0,058	408	6,04	823,16	0,570	0,826	647	1,109	828,01	0,105	0,151
266	0,50	830,13	0,047	0,069	409	0,29	825,29	0,028	0,040	648	0,45	825,58	0,042	0,061
267	0,35	830,24	0,033	0,048	410	0,84	829,37	0,079	0,115	649	1,13	826,98	0,107	0,154
268	0,92	824,22	0,087	0,126	411	0,66	829,31	0,062	0,090	650	0,178	822,75	0,017	0,024
269	0,85	821,73	0,080	0,116	412	0,19	828,78	0,018	0,026	651	0,894	822,98	0,084	0,122
270	0,40	824,64	0,037	0,054	413	0,42	828,78	0,039	0,057	652	1,296	824,2	0,122	0,177
271	0,46	826,01	0,044	0,063	414	0,53	828,33	0,050	0,073	653	1,008	824,51	0,095	0,138
272	0,23	825,63	0,022	0,031	415	0,31	828,43	0,029	0,042	654	0,245	824,69	0,023	0,033
273	0,81	827,74	0,076	0,111	416	0,78	826,81	0,073	0,106	655	0,459	824,67	0,043	0,063
274	1,80	825,66	0,170	0,247	417	0,82	827,82	0,077	0,112	657	0,678	821,91	0,064	0,093
275	0,70	823,15	0,066	0,096	418	0,96	830,42	0,091	0,132	658	0,511	819,57	0,048	0,070
276	0,34	822,29	0,032	0,046	419	0,99	829,17	0,094	0,136	659	7,226	813,17	0,681	0,987

Tabla 8.4
Información de tuberías en Santa Marianita de Jesús.

Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm
Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final		
1	2	1599,74	250	10	33	95,49	63	3	29	119,5	63
2	3	81,01	40	33	34	95,91	63	8	2	241,6	110
4	5	74,17	40	34	11	95,07	63	2	23	193,9	110
6	7	90,62	40	11	16	109,5	63	31	6	200,2	90
8	9	122,5	40	35	36	83,08	63	6	4	99,94	90
10	11	83,85	40	37	38	113,1	63	30	4	122,2	90
11	12	91,44	40	28	9	94,47	110	16	35	100,8	63
13	14	109,2	40	38	14	104,8	63	32	7	200,2	110
14	15	113,1	40	14	39	97,61	63	7	5	101,3	110
16	17	90,82	40	39	40	113	63	5	30	143,5	110
18	19	105	40	40	15	98,46	63	32	12	99,43	110
20	21	104,9	40	15	41	104,9	63	12	17	113,1	110
1	22	10,53	250	15	42	55,33	90	17	36	100,1	110
22	23	19,39	250	42	43	393,7	63	8	37	200,3	110
23	24	190	110	19	44	50,47	90	37	13	99,76	110
25	26	248,6	90	44	45	142,4	63	13	41	113,9	110
26	24	146,2	90	43	46	107	63	41	18	105,2	110
25	27	359,4	90	46	47	110,6	63	18	48	188,3	110
28	27	199,8	90	46	44	398,6	63	48	20	112,1	110
26	28	266,8	63	47	45	348,2	63	20	50	195,9	110
29	28	135,4	63	48	45	104,9	63	9	38	200,4	110
24	3	34,92	63	36	49	501,7	110	19	42	49,42	90
1	30	214,8	110	49	50	19,38	110	21	45	112,1	90
31	32	91,38	63	50	51	105	90				
31	10	15,59	63	21	51	192,8	90				

Tabla 8.5
Información de tuberías en el sector rural de Sucúa.

Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm
Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final		
49	583	1975,82	250	102	87	100	40	524	533	261,5	50
52	53	107,8	40	102	103	109	40	524	525	284,1	50
53	54	100	40	103	104	100	40	525	526	97,88	50
54	55	100	40	104	87	110,5	40	525	527	179,12	50
54	101	120,9	40	105	53	120,7	40	526	529	177,6	50
55	56	100	40	105	106	75,87	63	526	527	79	50
56	57	100	40	106	52	124,7	40	527	528	1410	40
56	98	121,3	40	108	59	118	63	529	530	508,1	40
57	58	100	40	108	94	100	63	529	531	988,9	50
58	59	100	40	110	92	100	63	531	532	228,4	40
58	67	138,9	40	110	61	114,5	40	534	535	914,4	40
59	60	100,5	40	110	571	1213	63	534	522	203,5	90
59	66	138,9	63	112	113	133	63	535	536	233,9	40

Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm
Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final		
60	61	100	40	112	117	45,25	63	535	537	516,2	40
60	92	116,3	40	113	114	10,01	63	538	539	1184,39	40
61	62	55,99	40	113	122	10,01	63	538	540	30,98	90
61	64	138,9	40	115	116	10,01	63	540	541	490,3	63
63	64	67	40	116	117	132,9	63	540	541	56,6	90
64	65	100	40	116	113	45,25	63	541	544	145,6	90
64	69	112	40	117	118	56,7	63	544	545	710,8	40
65	66	100	40	118	119	10,01	63	544	534	814,3	90
65	60	138,9	40	118	123	27,67	63	546	456	6,53	250
66	67	100	40	120	121	10	63	546	547	10,1	110
66	71	112	63	121	116	56,79	63	546	457	10,48	250
67	72	112	40	121	118	132,8	63	547	379	1930	63
68	69	85	40	130	274	166,5	63	548	461	136	63
69	70	100	40	132	133	275,7	63	550	464	129,6	63
69	111	100,2	40	132	538	498,7	90	561	562	95,22	63
70	71	100	40	133	134	134,3	63	561	489	48,5	63
70	65	112	40	133	190	77,53	63	562	564	17,55	63
71	72	100	40	165	193	152,3	63	563	566	88,71	63
71	74	92,43	63	184	165	102,2	63	563	493	72,58	63
72	75	86,05	40	189	190	225,8	63	564	565	92,41	63
73	74	50,1	40	190	134	131,2	63	565	566	89,7	63
74	75	100,2	40	193	134	574,2	63	566	491	111,77	63
74	77	85,24	63	204	132	104,23	90	567	495	407,2	50
75	78	95,38	40	273	274	110,7	63	568	569	94,78	63
75	107	125	40	274	504	151,1	63	570	583	238,1	90
76	77	50,03	40	353	561	157,25	63	570	573	206,25	63
77	78	100,1	40	362	468	134,6	63	571	580	317,6	63
77	109	210,5	63	389	394	1,5	110	572	604	195,9	63
78	79	79,21	40	457	459	689,9	250	572	582	349,5	90
78	95	95,38	40	459	567	162,8	50	572	570	230,95	90
80	81	100,5	40	461	595	314	63	573	604	362,1	63
80	110	130	40	462	467	198,5	63	573	580	200,59	63
81	82	100	40	464	465	483	63	574	575	105,4	90
82	83	100	40	465	483	322,5	63	575	588	118,3	90
82	108	130	40	480	510	455,4	250	575	590	618,8	63
83	84	100	40	483	484	337,6	63	576	574	120	90
83	94	130	40	483	596	216,2	63	576	569	545,2	90
84	85	100	40	484	486	154,4	110	577	574	224,4	63
84	97	130	40	485	484	303,4	110	579	576	353,6	63
85	86	100	40	486	603	90,98	50	580	584	138,9	63
85	90	106,7	40	487	488	80,77	110	580	571	106,33	63
86	102	100	40	489	492	54,69	63	581	569	160	90
86	100	130	40	489	493	108,4	63	582	513	387,8	90
87	88	43,39	40	490	491	260,2	63	582	660	196,9	63
87	105	130	40	491	560	144,7	63	583	584	302,7	63
88	106	134	40	492	563	90,81	63	583	588	176,68	90
89	82	104,2	40	493	494	20,5	63	584	585	105,6	63
89	93	100	63	493	564	32,8	63	586	587	122,3	63

Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm
Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final		
90	99	100	40	495	496	153,1	50	587	588	354,1	90
91	70	93,81	40	495	497	602,2	50	589	587	220,6	90
92	81	130	40	497	500	360,9	50	594	595	93,77	63
92	108	100	63	497	511	351,7	50	595	596	107,9	63
93	83	105,1	40	498	499	330,1	50	596	599	30,03	63
93	96	100	63	498	394	153,7	110	596	600	107,86	63
94	58	119,7	40	500	498	155,4	50	597	598	102	63
94	97	100	63	501	502	348,3	50	597	602	37	63
96	84	105,9	40	501	503	631,2	63	600	601	51,12	63
96	90	100	63	504	505	109	63	600	597	107,86	63
97	57	121,4	40	504	559	829,3	63	603	487	457,84	50
97	98	100	63	505	506	109,6	50	604	578	433,2	63
98	85	130	40	505	507	53,22	63	642	643	751,2	63
98	100	100	63	507	508	117,9	50	656	133	493,4	63
99	103	100	40	507	501	480,4	63	656	184	110,9	63
99	86	107,5	40	509	510	741,1	50	661	500	335,3	50
100	55	121,1	40	510	456	728,2	250	tanque 1	456	222,9	250
100	101	100	63	514	515	1013	63	tanque 2	457	145,9	250
101	102	130	40	522	523	21,75	63				
101	105	100	63	523	524	317,2	50				

Tabla 8.6

Información de tuberías en el sector urbano de Sucúa.

Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm
Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final		
124	121	494	63	268	473	59,36	63	403	469	147,5	63
124	150	153,2	63	268	151	73,5	63	404	405	112	63
125	126	97,23	63	269	175	80,73	63	404	412	98,04	63
125	353	101,1	63	269	180	117,5	63	404	331	110,9	63
125	378	130,3	63	270	174	121,4	63	405	407	98,31	110
132	133	275,7	63	270	475	2935	63	406	405	2769	63
133	134	134,3	63	271	272	36,81	63	407	415	1501	110
126	127	66,88	63	272	308	80,86	63	407	554	16,81	63
126	256	147	63	272	648	13,06	63	408	298	76,11	63
128	129	117	63	273	327	79,04	63	409	512	118	63
128	659	155,9	63	273	417	112,3	63	409	314	49,31	63
130	131	111	63	275	276	95,9	63	410	382	179,3	63
130	335	47,92	63	275	197	80,79	63	410	411	10,92	63
131	326	49,51	63	276	170	75,89	63	411	413	93,06	63
135	136	60,95	63	277	216	19,74	63	412	413	1,52	63
135	436	47,88	63	277	129	179,8	63	412	609	1,52	110
136	434	58,44	63	278	277	244,3	50	413	616	201,4	63

Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm
Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final		
137	138	23,75	63	279	280	110,6	63	413	610	1501	63
137	214	118,8	63	279	636	108,6	250	414	232	104,2	110
138	135	84,48	63	280	124	12	63	414	646	1,5	63
139	140	96,63	63	280	146	108,2	63	415	619	99,68	110
140	141	145,1	63	281	282	81,35	63	415	553	16,82	110
140	143	108,2	63	281	409	93,76	63	416	417	70,49	63
141	642	210,8	63	283	284	82,65	63	417	622	95,09	63
142	143	96,64	63	284	276	3678	63	417	627	95,25	63
143	639	102,3	63	285	198	10,05	63	418	419	98,52	63
144	145	96,52	63	286	285	16,39	63	418	420	99,02	63
145	640	97,39	63	287	288	90,82	63	419	422	97,39	63
146	147	102,5	63	287	215	26,3	63	419	625	104,7	63
148	147	109,4	63	288	223	99,97	90	420	422	98,02	110
148	642	507,9	63	289	290	90,98	63	420	318	107,1	110
149	150	96,56	63	289	287	91,07	63	421	382	105,7	110
150	558	497,2	63	290	288	94	90	421	626	102,2	63
150	515	415,5	63	291	292	17,9	63	422	423	103,9	110
151	152	85,7	63	291	439	126,1	63	422	421	108,5	63
151	472	60,21	63	292	441	116	63	423	311	102,1	110
152	654	53,53	63	293	291	118,2	63	423	626	109,1	63
153	154	84	63	293	653	103,6	63	424	238	99,13	250
153	472	2193	63	294	293	95,92	63	425	427	113,9	110
154	155	80,74	63	294	296	122,6	63	426	616	98,67	63
154	475	75,91	63	294	652	101,1	63	426	429	106	63
155	519	47,53	63	295	296	92,05	110	427	428	16,39	110
156	157	117,5	63	295	651	99,76	63	427	263	13,96	110
156	163	138,7	63	296	432	14,8	110	428	430	85,08	63
157	158	59,87	63	297	295	112,2	110	428	303	108,4	63
158	159	58,67	63	297	136	41,54	63	429	431	97,36	63
160	161	111,1	63	298	299	132	63	429	262	13,67	63
160	370	138,8	63	299	435	16,92	110	430	301	108,6	63
161	156	102,2	63	300	228	104,4	63	430	649	103,7	63
161	182	138,7	63	300	235	152,6	63	431	425	1455	63
162	156	110,1	63	301	300	103,7	63	431	261	14,06	63
162	166	77,09	63	301	401	152,4	63	432	433	99,36	63
163	164	96,06	63	302	303	16,48	110	432	521	97,95	90
189	190	225,8	63	302	291	146,9	110	433	443	7,56	63
163	191	152,4	63	303	292	148,8	63	433	437	192,7	63
164	165	103,9	63	303	301	85,04	110	434	135	30,75	63
164	192	152,4	63	304	302	116,6	110	435	436	97,18	63
166	167	59,8	63	304	293	128,1	63	435	297	79,13	110
166	157	102,4	63	305	304	95,54	63	436	138	81,29	63
167	158	102,4	63	305	294	115,1	63	437	438	144,1	110
168	169	111,1	63	306	305	112,6	63	437	447	96,64	63
168	160	110,1	63	306	296	98,68	110	438	470	93,22	63
169	162	102,2	63	307	306	98,3	63	438	152	72,97	63
169	161	110,1	63	307	295	87,54	63	439	440	17,65	63
170	171	84,4	63	308	307	110,9	63	441	442	23,14	63

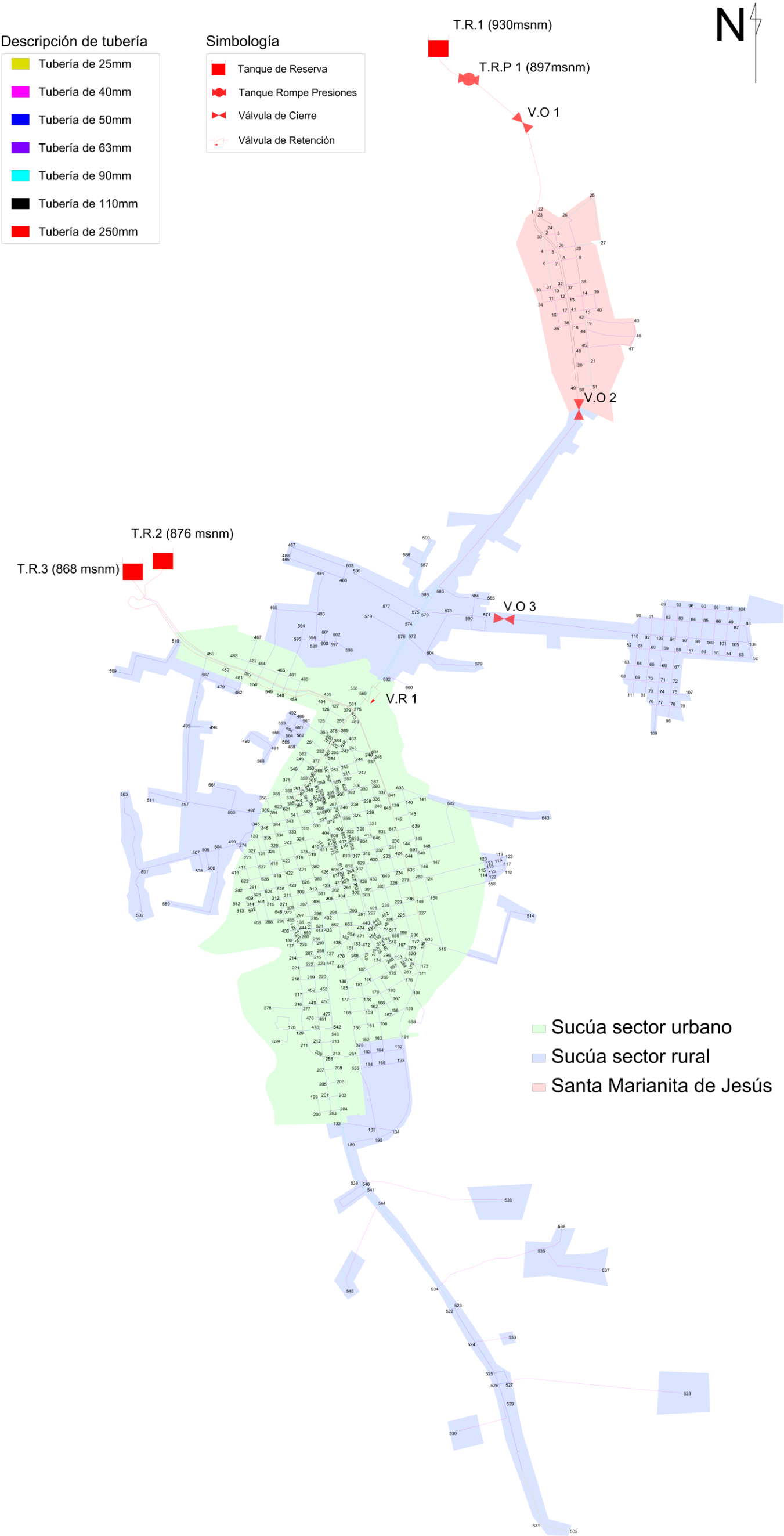
Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm
Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final		
170	173	62,01	63	308	297	71,15	63	441	440	8337	63
171	194	168,5	63	309	310	102,8	63	442	155	66,87	63
172	170	189,5	63	309	307	101,39	63	443	290	98,63	90
172	230	76,18	63	310	381	13,07	110	444	259	47,06	63
172	635	44,2	63	310	429	108,1	63	444	434	3917	63
173	171	58,34	63	311	309	109,9	63	445	446	3661	63
174	175	95,5	63	311	308	98,26	110	446	286	123,9	63
174	286	84,15	63	312	311	94,73	63	447	448	143	110
175	657	84,23	63	312	648	95,82	63	447	542	501,8	63
176	171	121,4	63	313	314	108,5	63	448	268	137,3	63
176	194	123,3	63	314	315	103,4	63	448	188	131,2	63
177	178	111,2	63	315	312	98,99	63	449	450	98,39	63
177	168	102,9	63	316	317	85,29	63	449	451	100,6	63
178	169	102,9	63	316	237	103,6	63	450	477	100,6	63
178	179	141,7	63	316	629	100,2	63	451	477	100,9	63
179	180	59,72	63	317	552	100,2	63	451	478	95,77	63
179	166	95,14	63	317	619	16,99	63	452	453	96,57	63
180	176	165	63	318	319	105,1	110	452	449	98,31	63
180	167	95,3	63	318	421	99,31	63	453	450	96,88	63
181	178	85,44	63	319	410	105,8	63	454	455	12,11	250
182	183	96,06	63	320	321	103,5	63	454	458	238,9	250
182	163	102,2	63	320	633	101,7	63	455	375	250,27	250
183	184	103,9	63	321	414	101,2	63	458	460	127,7	63
183	164	102,2	63	322	320	86,4	63	458	548	104,9	250
185	181	111,7	63	322	554	102	63	459	455	1251	250
185	177	95,03	63	322	406	16,68	63	460	461	104,4	63
186	179	117,7	63	323	324	103,9	110	461	466	80,84	63
186	269	59,63	63	323	318	101,4	63	462	463	119,9	63
186	181	103,1	63	324	373	101,5	110	464	462	127,3	63
187	186	99,62	63	324	374	164,1	63	466	464	126,6	63
187	188	183,8	63	325	323	107,6	110	469	248	264,3	63
187	268	117,2	63	325	420	102,4	110	470	151	108,3	63
187	174	140,5	63	326	325	99,8	63	470	448	73,9	63
188	185	52,6	63	326	418	100,4	63	471	153	85,71	63
191	192	96,06	63	327	131	48,52	63	471	474	90,49	63
191	159	241,8	63	327	627	101,4	63	472	473	73,5	63
192	193	103,9	63	328	239	104,5	63	473	270	81,06	63
194	159	129,7	63	328	320	109,8	63	474	154	90,62	63
194	658	330,2	63	328	555	99,83	63	474	439	63,75	63
195	173	189,8	63	329	406	109,6	110	475	446	79,7	63
195	635	2473	63	330	331	103,5	63	476	451	34,51	63
196	197	94,78	63	331	372	1,5	63	477	213	207,6	63
196	517	76,5	63	332	330	104,4	63	478	542	108,2	63
196	230	80,51	63	332	324	110,1	110	478	212	108	63
197	198	100,9	63	333	332	106,4	63	478	129	134,8	50
197	516	76,81	63	333	323	110,3	63	479	480	136,8	63

Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm
Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final		
198	284	77,44	63	334	333	105,8	63	481	482	125,4	63
199	200	110,6	63	334	325	110,6	110	482	479	130,3	63
199	201	90,99	63	335	334	100,8	63	513	469	93,32	63
200	203	91,27	63	335	326	110,9	63	515	195	140,6	63
201	202	70,6	63	336	337	101,6	63	516	517	96,66	63
201	203	110,7	63	337	641	4011	63	516	445	37,24	63
202	204	110,75	90	337	645	102,7	63	517	518	55,48	63
203	204	69,48	63	338	336	95,74	63	518	519	79,8	63
205	206	73,64	63	338	239	89,9	63	518	442	81,41	63
205	201	109	63	339	338	104,3	63	519	445	25,14	63
206	202	108,65	90	339	328	89,35	63	520	275	66,41	63
207	208	76,71	63	340	339	85,66	63	521	651	92,46	63
207	205	108,2	63	340	555	87,95	63	521	443	3,58	90
208	206	108,12	90	340	397	16,74	63	542	543	35,41	63
209	210	79,49	63	341	342	105,8	63	548	549	94,58	250
209	207	108,4	63	341	332	87,51	110	549	466	140,6	63
210	258	16,7	63	342	330	87,89	63	549	550	134,3	250
211	212	105,9	63	342	615	104,9	63	550	551	113	250
211	129	112,5	63	343	341	106	63	551	462	106,7	63
211	209	173,7	63	343	333	86,9	63	551	480	122,5	250
212	213	77,63	63	344	343	103,9	63	552	428	108,1	63
212	209	109	63	344	334	86,37	110	552	629	85,09	63
213	210	109,6	63	345	346	19,98	63	553	317	98,72	63
214	215	130,4	63	346	344	101,6	63	553	634	85,54	110
214	221	78,04	63	346	335	85,89	63	554	553	1502	63
215	222	76,41	63	347	348	23	63	554	633	85,56	63
216	217	103,4	63	348	391	98,75	63	555	322	109,6	63
216	449	115	63	348	612	104,8	63	555	329	16,74	63
217	452	104,4	63	349	350	104,4	63	556	403	97,66	63
218	219	116,3	63	349	371	114,6	63	557	632	100,9	63
218	217	105,2	63	350	365	12,08	63	567	479	184,7	63
219	220	93,79	63	350	250	93,07	63	591	298	131,1	63
219	452	104,1	63	351	352	12,87	63	592	408	105,8	63
220	453	101,1	90	351	380	6792	63	593	146	107,9	63
221	222	116,3	63	352	367	119,36	250	593	148	102,5	63
221	218	103	63	353	354	124,5	110	605	606	1,5	110
222	223	91,69	63	354	352	4,2	250	605	395	107,8	63
222	219	103,7	63	355	356	102,9	63	605	613	1519	63
223	220	104,2	90	355	360	105,6	63	606	266	96,07	110
224	137	61,62	63	355	620	98,64	63	606	398	107,8	110
224	289	89,7	63	355	371	136,7	63	607	372	87,26	110
225	226	102,1	63	356	389	100,1	63	607	615	1551	63
225	655	111,6	63	357	358	16,32	63	607	397	108,9	63
226	227	100,2	63	357	395	100,1	63	608	609	98,25	110
226	230	171,9	63	358	399	100,2	63	609	610	1335	110
227	236	110,3	250	358	557	85,66	63	610	611	201,3	110

Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm
Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final		
228	229	152,9	63	359	357	107,3	63	610	407	111,1	63
228	279	97,9	63	359	605	100,4	110	611	264	10,8	110
229	226	108,1	63	359	612	1533	63	611	618	112,7	63
229	236	99,28	63	360	361	62,65	63	612	613	100,4	63
230	275	96,36	63	360	376	70,57	63	613	614	1,5	63
231	232	100,1	63	361	350	124,4	63	614	615	100,9	63
231	238	98,83	63	361	363	17,81	63	614	606	1,5	110
232	647	98,41	63	362	249	57,66	90	615	331	87,05	63
233	231	99,32	63	363	364	110,7	250	616	617	10,81	63
233	424	98,84	63	363	348	28,64	63	616	611	1468	63
234	233	109,4	63	364	385	23,33	110	617	431	96,26	63
234	228	108,7	63	365	363	111,2	250	618	265	11,02	110
234	636	98,96	63	366	365	71,74	250	618	552	17,11	63
235	229	103,1	63	366	612	120,6	63	619	618	99,36	110
235	225	105,9	63	367	368	144,3	250	620	385	104,14	110
236	279	152,9	250	367	396	117,5	110	620	621	1501	63
237	231	103,6	63	368	366	2062	250	620	389	103,78	110
237	630	99,5	63	368	359	122	110	621	384	104,2	90
238	647	100,2	250	369	403	90,77	63	621	343	96,52	63
239	240	95,71	63	369	354	100,36	250	621	394	103,74	90
239	321	109,9	63	370	182	111	63	622	281	63,27	63
241	242	124,4	63	370	257	95,57	63	622	628	97,72	63
241	557	18,3	63	371	360	84,46	63	623	624	89,41	63
243	244	102,9	63	372	329	109,5	63	624	625	98,72	63
243	248	155,1	63	372	608	110,9	110	624	315	101	63
244	242	80,25	63	373	374	115,8	110	625	423	96,04	63
244	637	149,4	63	373	382	99,74	110	625	312	101,6	63
245	244	122,6	63	374	411	1917	63	626	383	105,2	63
245	253	85,44	63	374	412	94,01	110	626	309	103,9	63
245	241	82,64	63	375	369	200,8	250	627	628	96,74	63
246	631	43,6	250	376	361	95,53	63	627	418	98,39	63
246	637	4,04	63	376	364	4084	110	628	624	105,3	63
247	243	79,21	63	377	252	92,16	63	628	419	98,46	63
247	255	62,03	63	377	362	108	63	629	630	103,7	63
247	556	6,86	63	378	256	96,28	63	629	430	108,7	63
248	631	4603	63	378	369	11,73	63	630	649	109,3	63
248	637	45,33	63	380	378	97,7	63	630	233	103,5	63
249	250	107	63	380	556	103,1	63	631	454	619,6	250
249	349	98,27	63	381	306	90,69	110	632	392	1509	63
250	377	63,55	63	382	383	101,6	110	632	386	104,1	63
251	252	109,1	63	383	426	105,3	63	633	634	1,5	63
251	362	91,99	90	383	310	104,8	110	633	414	103,5	63
251	353	94,64	90	384	341	97,94	110	634	316	98,45	63
252	351	88,86	63	384	388	106,7	110	634	646	103,5	110
253	358	101,6	63	385	384	1,5	110	635	227	231,6	250
253	396	16,43	63	385	391	106,8	63	636	424	109,4	250

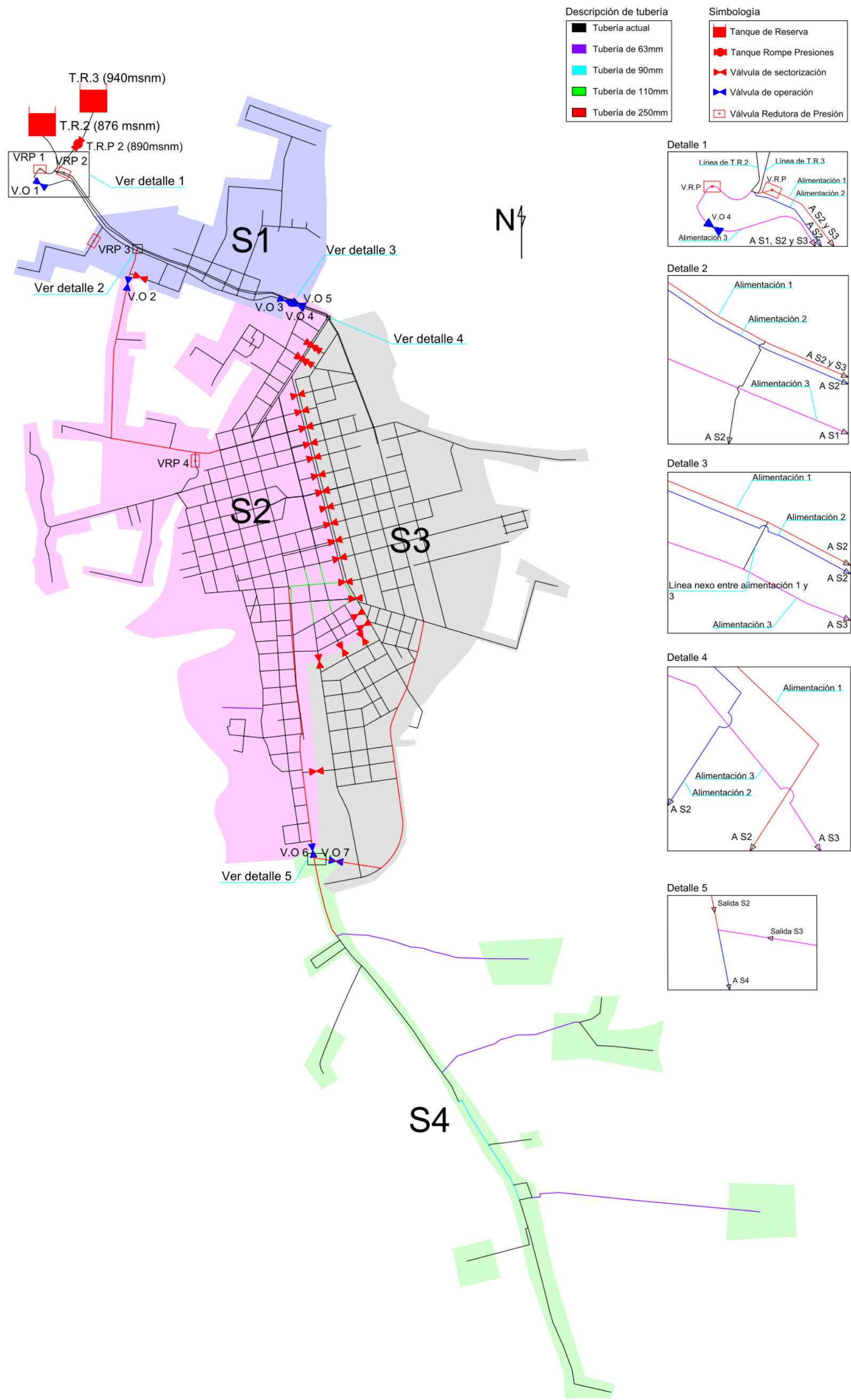
Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm	Tramo		Longitud m	Φ mm
Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final			Nudo inicial	Nudo final		
254	255	85,2	63	386	387	112,3	63	636	146	110,5	63
254	253	94,28	63	388	342	98,47	63	637	337	300,6	63
255	245	93,86	63	388	614	106,5	110	638	140	89,24	63
256	379	104,7	63	390	336	93,41	63	638	141	172,6	63
257	258	194,7	63	391	388	1503	63	639	145	100,3	63
257	183	111	63	391	613	106,5	63	641	638	123,4	63
257	656	104,4	63	392	393	104	63	641	246	300,5	250
258	208	89,19	90	392	339	100,6	63	644	593	86,48	63
259	260	1,5	63	393	338	101,9	63	646	237	98,48	63
260	224	55,44	63	393	386	1,5	63	647	641	301,4	250
260	650	8,15	63	394	344	95,52	110	647	639	122,4	63
261	262	96,62	63	395	398	1,5	110	648	299	58,51	63
261	304	94,6	63	395	399	16,77	63	649	300	109,2	63
262	381	108,9	63	396	357	101,7	110	649	234	103,4	63
262	305	92,7	63	397	329	87,88	110	651	289	102,6	63
263	261	115,9	63	398	267	96,38	110	651	444	90,32	63
263	302	93,69	110	398	400	16,77	110	652	438	136,3	63
264	265	113,1	63	399	400	1,5	63	652	433	119,6	63
264	425	96,27	110	399	632	85,86	63	653	440	158,6	63
264	617	1426	63	400	392	86,01	110	653	652	109,6	63
265	427	97,65	110	400	340	101,6	63	653	654	81,59	63
266	267	108,9	90	401	402	155,4	63	654	471	1426	63
266	607	4723	110	401	292	84,44	63	657	176	117	63
267	397	5273	110	401	235	103,7	63	657	285	76,66	63

Anexo 9. Configuración actual de las redes de distribución de agua potable de Sucúa y Santa Marianita de Jesús.

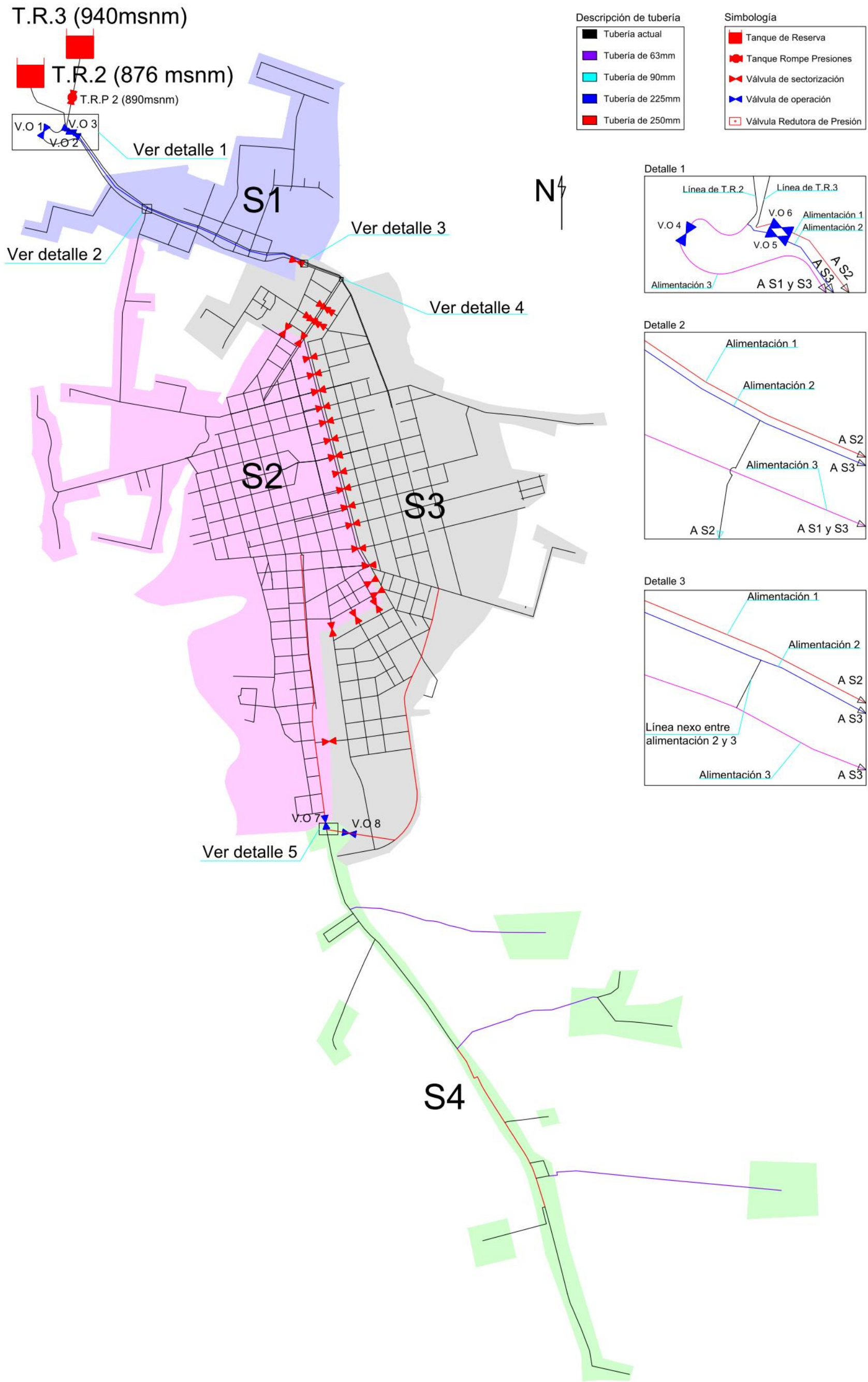


Anexo 10. Esquemas de las alternativas de sectorización.

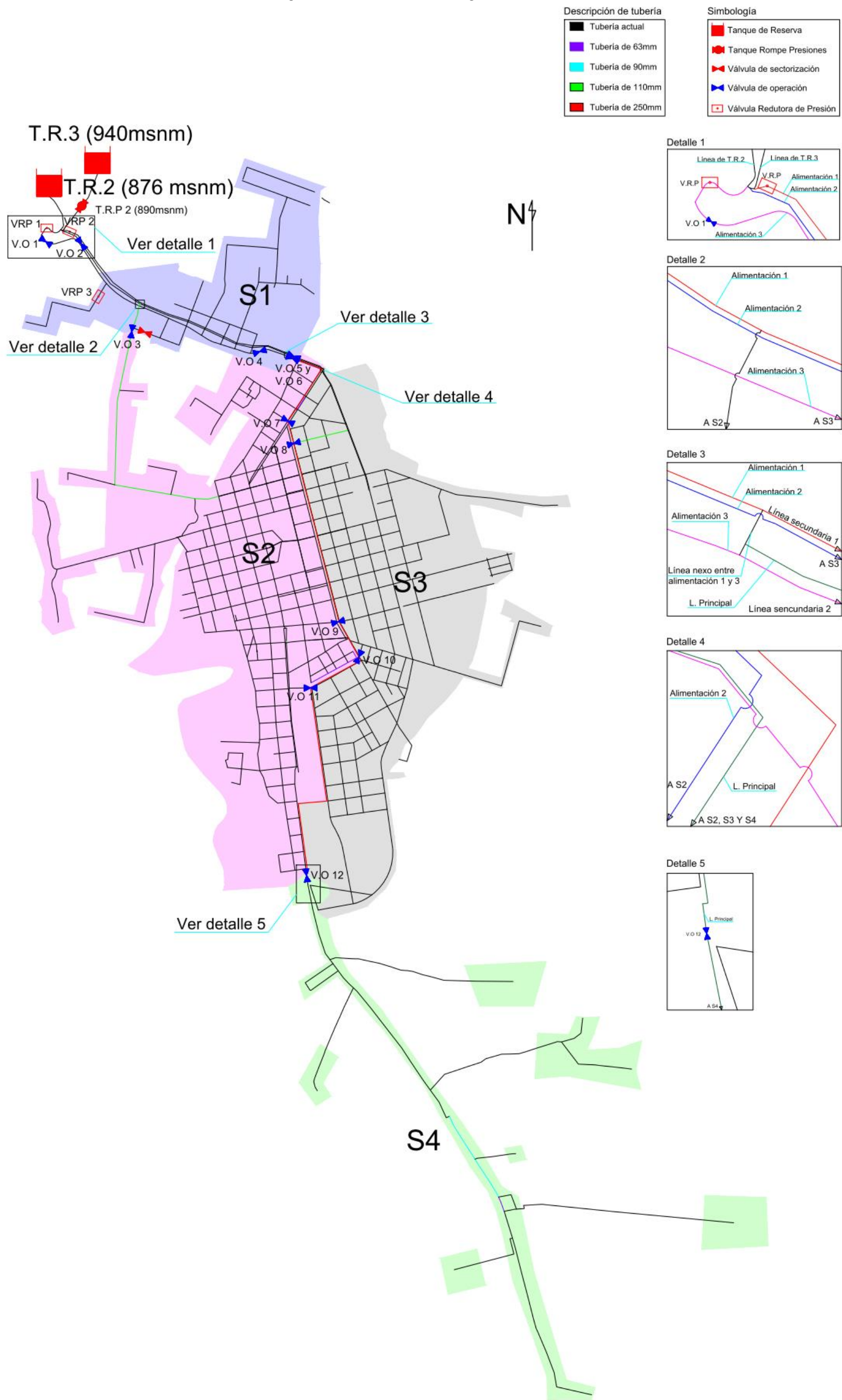
Esquema 10.1
Configuración de sectorización según la alternativa 1



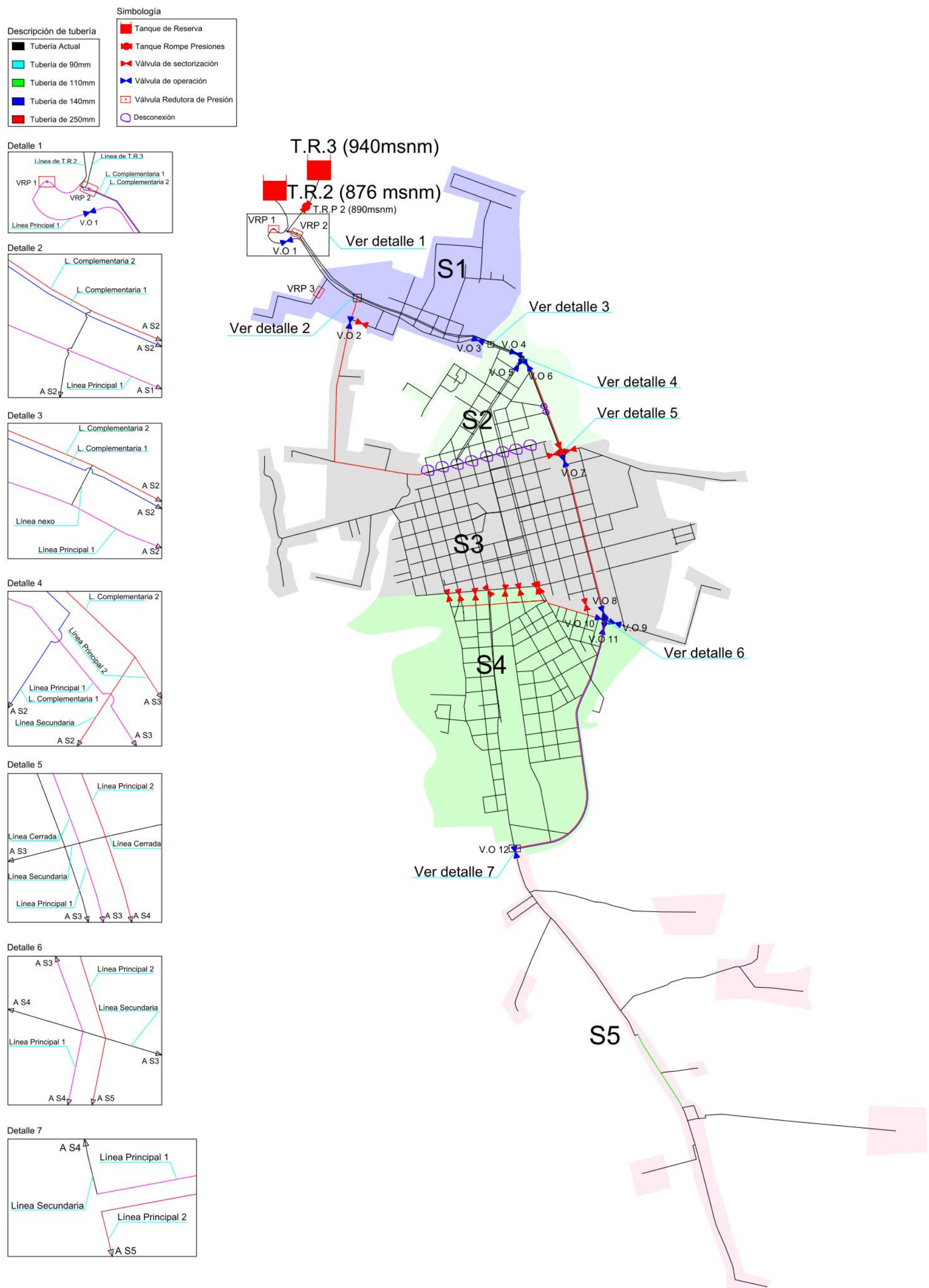
Esquema 10.2
Configuración de sectorización según la subalternativa 1.1



Esquema 10.3
Configuración de sectorización según la alternativa 2.



Esquema 10.4
Configuración de sectorización según la alternativa 3.



Anexo 11. Resultados de presión y velocidad obtenidos con la simulación hidráulica de la alternativa 2 de sectorización.

Tabla 11.1
Presión obtenida en los nudos del sector urbano de Sucúa.

Nudo	Presión en el escenario			Nudo	Presión en el escenario			Nudo	Presión en el escenario		
	Optimista	Intermedio	Pesimista		Optimista	Intermedio	Pesimista		Optimista	Intermedio	Pesimista
124	38.4	24.4	-10.0	277	41.4	24.0	-19.1	420	31.7	16.6	-20.8
125	36.6	27.7	5.6	278	36.3	15.1	-37.4	421	32.4	17.3	-20.1
126	36.9	28.1	6.3	279	40.1	27.0	-5.2	422	32.9	17.7	-19.8
127	36.0	27.1	5.3	280	38.5	24.6	-9.7	423	34.2	19.0	-18.7
128	42.4	24.0	-21.5	281	35.3	19.8	-18.6	424	38.9	25.9	-6.3
129	41.6	23.5	-21.1	282	35.7	20.2	-18.2	425	35.4	20.4	-16.7
130	32.4	17.1	-20.8	283	44.0	30.4	-3.2	426	34.1	18.9	-18.5
131	31.6	16.2	-21.7	284	42.8	29.2	-4.4	427	36.0	21.1	-16.0
132	43.3	26.6	-14.6	285	41.9	28.3	-5.5	428	39.4	26.4	-5.7
135	38.2	22.8	-15.1	286	41.6	27.9	-5.9	429	34.1	18.9	-18.6
136	37.6	22.3	-15.7	287	39.8	24.6	-13.1	430	39.3	26.4	-5.8
137	41.3	25.9	-12.1	288	38.6	23.6	-13.4	431	35.4	20.3	-16.8
138	40.6	25.2	-12.8	289	40.1	24.8	-13.0	432	37.2	21.8	-16.1
139	36.3	22.6	-11.1	290	38.4	23.2	-14.4	433	38.0	22.7	-15.3
140	36.2	22.6	-11.1	291	37.9	23.6	-12.0	434	38.2	22.9	-15.1
141	35.3	21.4	-12.7	292	40.7	27.9	-3.7	435	37.2	21.8	-16.1
142	36.7	23.1	-10.5	293	31.7	13.7	-30.9	436	38.3	22.9	-15.1
143	35.9	22.3	-11.3	294	35.7	19.9	-19.3	437	37.6	22.3	-15.8
144	37.7	24.2	-9.1	295	37.5	22.1	-15.8	438	37.5	22.0	-16.4
145	38.0	24.5	-8.8	296	37.0	21.7	-16.2	439	37.3	21.8	-16.4
146	38.0	24.0	-10.3	297	37.2	21.9	-16.0	440	37.1	21.5	-16.8
147	37.7	23.4	-11.9	298	37.4	21.7	-17.2	441	42.8	30.7	0.8
148	37.3	23.0	-12.3	299	37.2	21.8	-16.1	442	43.3	31.3	1.8
149	38.4	24.0	-11.7	300	39.7	26.6	-5.5	443	37.6	22.3	-15.6
150	38.6	24.2	-11.4	301	40.1	27.1	-5.0	444	38.2	22.9	-15.0
151	37.7	22.1	-16.5	302	36.6	21.7	-15.2	445	43.1	31.0	1.0
152	37.7	22.1	-16.5	303	39.8	26.9	-5.2	446	43.0	30.8	0.8
153	37.5	21.9	-16.7	304	35.2	20.0	-17.4	447	39.1	24.6	-11.2
154	37.6	22.0	-16.6	305	35.2	19.9	-17.9	448	37.3	21.6	-17.0
155	43.9	32.4	3.8	306	35.7	20.5	-17.3	449	38.8	22.1	-19.2
156	43.0	27.2	-11.7	307	36.4	21.1	-16.7	450	38.1	21.5	-19.3
157	43.0	27.5	-10.9	308	36.7	21.4	-16.4	451	39.3	22.4	-19.4
158	43.7	28.2	-10.1	309	34.9	19.7	-18.0	452	38.9	22.7	-17.5
159	43.0	27.6	-10.6	310	34.5	19.2	-18.4	453	36.5	20.4	-19.4
160	43.4	27.6	-11.5	311	35.5	20.2	-17.5	454	46.3	43.6	37.1
161	43.6	27.8	-11.2	312	35.6	20.3	-17.6	455	46.3	43.6	37.1
162	42.8	27.2	-11.5	313	36.6	20.9	-17.9	456	45.2	45.2	45.2
163	41.8	25.8	-13.6	314	37.4	21.8	-16.6	457	45.5	45.4	45.3
166	43.2	27.6	-10.7	315	36.5	21.1	-17.0	458	48.0	45.7	40.2
167	42.9	27.4	-10.8	316	38.0	25.0	-7.0	459	50.0	50.0	50.0
168	41.7	26.0	-12.7	317	38.3	25.3	-6.8	460	45.9	43.6	37.8
169	42.6	26.9	-11.8	318	31.3	16.1	-21.2	461	46.5	44.2	38.5
170	43.3	29.6	-4.3	319	32.7	17.6	-19.7	462	45.5	43.5	38.5
171	42.6	28.5	-6.3	320	37.3	24.5	-7.1	463	44.6	42.5	37.4
172	42.1	29.0	-3.5	321	37.7	24.9	-6.7	464	46.8	44.7	39.4
173	43.0	29.2	-4.8	322	37.2	24.4	-7.2	465	37.1	33.1	23.3
174	39.9	25.4	-10.5	323	31.7	16.6	-20.5	466	46.2	44.0	38.7
175	41.6	27.0	-9.2	324	32.4	17.4	-19.7	467	43.2	41.1	36.0

Nudo	Presión en el escenario			Nudo	Presión en el escenario			Nudo	Presión en el escenario		
	Optimista	Intermedio	Pesimista		Optimista	Intermedio	Pesimista		Optimista	Intermedio	Pesimista
176	42.8	28.2	-7.8	325	30.5	15.5	-21.7	468	38.6	28.3	3.0
177	40.1	24.5	-13.8	326	30.8	15.6	-22.1	469	28.8	16.5	-14.0
178	41.2	25.6	-12.7	327	32.6	17.2	-20.9	470	40.8	25.2	-13.4
179	41.9	26.5	-11.4	328	37.2	24.6	-6.6	471	40.6	25.0	-13.7
180	42.2	27.0	-10.7	329	33.2	18.4	-18.4	472	41.8	26.2	-12.5
181	39.8	24.3	-13.8	330	32.8	17.9	-18.9	473	42.2	26.6	-12.0
182	44.7	28.7	-10.7	331	33.4	18.6	-18.2	474	39.5	23.9	-14.6
185	38.6	23.1	-15.1	332	32.2	17.3	-19.5	475	40.8	25.1	-13.5
186	40.3	25.0	-12.7	333	31.6	16.7	-20.2	476	42.8	25.9	-15.9
187	38.5	23.3	-14.2	334	30.3	15.4	-21.6	477	42.5	25.7	-15.7
188	37.6	22.2	-15.9	335	29.8	14.7	-22.8	478	41.7	24.3	-18.6
191	49.3	33.2	-6.2	336	37.1	24.3	-7.1	480	47.6	46.5	43.8
194	46.7	32.0	-4.4	337	37.2	24.3	-7.5	481	48.0	46.9	44.1
195	43.0	29.9	-2.6	338	37.2	24.7	-6.2	512	37.5	21.9	-16.6
196	41.8	28.9	-3.0	339	37.3	24.9	-5.8	513	32.7	20.3	-10.2
197	41.4	28.4	-3.8	340	37.0	24.6	-5.9	515	40.5	26.2	-9.1
198	42.2	28.6	-5.0	341	32.0	17.2	-19.4	516	42.7	30.3	-0.4
199	40.1	20.7	-27.3	342	32.5	17.7	-18.9	517	42.6	30.3	-0.4
200	41.4	21.9	-26.0	343	31.4	16.6	-20.1	518	43.6	31.7	2.1
201	40.5	21.2	-26.4	344	30.8	16.0	-20.7	519	37.1	25.9	-1.9
202	39.5	20.2	-27.2	345	31.4	16.4	-20.7	520	43.5	30.3	-2.3
203	41.0	21.7	-26.0	346	29.8	14.7	-22.4	521	37.9	22.5	-15.3
204	39.8	20.6	-27.0	347	31.8	17.1	-19.2	542	40.0	23.1	-18.9
205	41.1	21.9	-25.3	348	31.9	17.2	-19.1	543	40.7	23.7	-18.3
206	41.2	22.1	-25.1	349	33.2	19.7	-13.7	546	45.7	45.6	45.6
207	41.3	22.3	-24.5	350	32.5	18.3	-16.7	547	45.6	45.6	45.5
208	41.1	22.1	-24.7	351	43.0	35.3	16.0	548	47.3	45.3	40.2
209	40.6	22.1	-23.7	352	31.4	16.8	-19.5	549	48.3	46.4	41.8
210	40.6	21.9	-24.2	353	39.4	29.8	6.1	550	48.8	47.2	43.2
211	41.6	23.4	-21.6	354	31.4	16.8	-19.5	551	47.6	46.3	42.9
212	41.0	22.8	-22.0	355	30.9	16.4	-19.7	552	38.9	25.9	-6.2
213	39.6	21.5	-23.3	356	35.0	20.5	-15.6	553	37.7	24.8	-7.2
214	53.9	38.4	0.3	357	32.4	17.7	-18.6	554	37.7	24.8	-7.2
215	39.5	24.2	-13.6	358	39.1	28.4	1.9	555	37.0	24.4	-6.8
216	41.7	24.6	-17.6	359	32.0	17.3	-19.1	556	37.8	26.6	-0.9
217	42.1	25.7	-14.6	360	31.4	16.9	-19.2	557	38.8	27.9	1.0
218	42.5	26.7	-12.4	361	31.8	17.2	-19.0	591	36.2	20.4	-18.4
219	39.3	23.6	-15.3	362	38.4	28.1	2.8	592	36.9	21.1	-18.1
220	37.4	21.9	-16.4	363	31.8	17.1	-19.1	593	37.2	23.0	-11.9
221	42.3	26.8	-11.5	364	31.6	17.0	-19.3	605	32.5	17.8	-18.7
222	39.1	23.7	-14.1	365	31.7	17.1	-19.2	606	32.5	17.8	-18.7
223	39.3	24.8	-11.1	366	31.5	16.9	-19.3	607	33.0	18.2	-18.4
224	41.6	26.2	-11.7	367	31.4	16.7	-19.5	608	33.7	18.8	-18.1
225	41.3	28.3	-4.0	368	31.5	16.9	-19.4	609	34.0	19.1	-18.0
226	41.0	27.9	-4.3	369	30.1	15.4	-20.8	610	34.1	19.1	-18.0
227	41.2	28.1	-4.1	370	43.9	27.9	-11.6	611	34.9	19.9	-17.2
228	39.8	26.7	-5.5	371	31.4	17.1	-18.5	612	32.0	17.3	-19.1
229	40.4	27.4	-4.8	372	33.4	18.6	-18.2	613	32.5	17.8	-18.7
230	41.9	28.9	-3.5	373	32.9	17.8	-19.4	614	32.5	17.8	-18.7
231	38.5	25.6	-6.5	374	33.4	18.4	-18.7	615	33.0	18.2	-18.4
232	38.0	25.0	-7.0	375	28.3	13.6	-22.6	616	34.9	19.9	-17.2
233	38.9	25.9	-6.3	376	31.6	17.0	-19.3	617	35.0	20.0	-17.1

Nudo	Presión en el escenario			Nudo	Presión en el escenario			Nudo	Presión en el escenario		
	Optimista	Intermedio	Pesimista		Optimista	Intermedio	Pesimista		Optimista	Intermedio	Pesimista
234	39.3	26.3	-5.9	377	39.4	29.4	4.6	618	35.6	20.6	-16.4
235	40.6	27.5	-4.7	378	40.6	32.1	11.3	619	35.1	20.1	-16.9
236	40.7	27.6	-4.6	379	39.4	31.1	10.6	620	31.3	16.7	-19.5
237	38.2	25.2	-6.9	380	42.9	35.1	15.8	621	31.3	16.7	-19.5
238	38.4	25.4	-6.7	381	34.6	19.4	-18.2	622	34.3	18.8	-19.5
239	37.4	24.7	-6.5	382	32.6	17.5	-19.9	623	36.0	20.6	-17.5
240	37.5	24.9	-6.4	383	33.1	18.0	-19.5	624	34.6	19.2	-18.8
241	38.9	28.1	1.3	384	31.7	17.0	-19.3	625	34.4	19.1	-18.8
242	39.0	28.0	0.7	385	31.7	17.0	-19.3	626	33.6	18.4	-19.2
243	37.8	26.5	-1.7	386	37.5	25.4	-4.6	627	32.5	17.1	-21.0
244	38.5	27.4	-0.2	387	37.9	25.8	-4.1	628	33.7	18.3	-19.8
245	40.1	30.2	5.6	388	32.2	17.5	-18.9	629	38.6	25.6	-6.5
246	34.4	21.5	-10.3	389	30.8	16.2	-19.9	630	38.6	25.6	-6.5
247	37.9	26.8	-0.7	390	36.8	24.1	-7.4	631	34.1	21.2	-10.5
248	34.3	21.6	-9.8	391	32.2	17.5	-18.9	632	37.6	25.7	-3.8
249	37.5	26.7	0.2	392	37.6	25.7	-3.8	633	37.6	24.6	-7.4
250	37.4	26.3	-1.2	393	37.5	25.4	-4.6	634	37.5	24.5	-7.4
251	39.2	29.5	5.6	394	30.8	16.2	-19.9	635	43.5	30.4	-1.9
252	43.9	36.7	19.0	395	32.6	17.8	-18.7	636	39.6	26.6	-5.6
253	42.4	34.0	13.0	396	32.0	17.3	-19.0	637	35.0	22.4	-8.5
254	40.4	31.1	8.0	397	32.9	18.1	-18.6	638	36.5	22.9	-10.7
255	39.5	29.4	4.4	398	32.6	17.8	-18.7	639	37.7	24.2	-9.0
256	39.8	31.3	10.4	399	37.4	25.5	-3.9	640	38.4	24.9	-8.5
257	44.0	27.9	-11.8	400	37.4	25.5	-4.0	641	37.2	24.3	-7.6
258	40.6	21.8	-24.6	401	41.0	28.1	-4.0	642	34.5	20.1	-15.3
259	39.7	24.3	-13.6	402	41.7	28.7	-3.3	644	36.9	22.8	-12.2
260	39.7	24.3	-13.6	403	35.1	23.4	-5.5	645	37.5	24.6	-7.3
261	35.4	20.3	-16.9	404	33.7	18.8	-18.1	646	37.9	24.9	-7.1
262	34.2	19.1	-18.4	405	33.8	18.9	-18.0	647	38.1	25.1	-6.9
263	36.1	21.1	-15.9	406	33.8	18.9	-17.9	648	36.6	21.3	-16.6
264	35.0	20.0	-17.1	407	34.5	19.5	-17.4	649	39.1	26.1	-6.1
265	35.6	20.7	-16.4	408	38.2	22.3	-16.8	650	39.4	24.1	-13.8
266	33.0	18.2	-18.5	409	36.5	21.0	-17.4	651	39.2	23.9	-14.0
267	32.9	18.1	-18.6	410	33.3	18.3	-18.9	652	37.4	21.7	-17.1
268	37.5	21.9	-16.8	411	33.4	18.4	-18.7	653	36.6	20.6	-18.8
269	40.6	25.5	-11.9	412	34.0	19.1	-18.0	654	37.0	21.3	-17.4
270	37.1	21.4	-17.2	413	34.0	19.1	-18.0	655	41.3	28.3	-4.0
271	36.2	20.9	-17.0	414	37.9	24.9	-7.1	657	41.8	27.4	-8.1
272	36.6	21.3	-16.6	415	34.5	19.5	-17.4	658	43.4	28.7	-7.7
273	34.1	18.5	-19.9	416	35.1	19.6	-18.7	659	43.2	24.5	-21.6
274	35.6	19.7	-19.5	417	34.1	18.6	-19.7				
275	42.6	29.4	-3.2	418	31.9	16.6	-21.2				
276	42.8	29.2	-4.4	419	33.1	17.8	-20.1				

Tabla 11.2
Presión obtenida en los nudos del sector rural de Sucúa.

Nudo	Presión en el escenario			Nudo	Presión en el escenario			Nudo	Presión en el escenario		
	Optimista	Intermedio	Pesimista		Optimista	Intermedio	Pesimista		Optimista	Intermedio	Pesimista
112	38.8	24.8	-9.8	492	36.2	26.5	2.5	534	59.6	36.8	-19.3
113	40.2	26.2	-8.5	493	37.1	27.4	3.4	535	58.3	33.1	-29.0
114	40.2	26.1	-8.5	494	37.5	27.8	3.8	536	62.2	36.9	-25.4
115	39.4	25.3	-9.3	495	43.6	38.4	25.4	537	57.2	30.1	-36.5
116	39.4	25.3	-9.3	496	43.9	38.7	25.7	538	55.3	38.3	-3.8
117	38.7	24.6	-10.0	497	37.3	27.1	2.0	539	48.5	30.0	-15.6
118	37.8	23.8	-10.8	498	33.9	20.2	-13.7	540	56.0	38.8	-3.8
119	37.8	23.8	-10.9	499	39.1	25.4	-8.5	541	55.6	38.0	-5.4
120	37.8	23.8	-10.8	500	33.7	21.0	-10.5	544	54.8	36.3	-9.4
121	37.7	23.7	-10.9	501	44.6	25.2	-22.6	545	62.9	42.7	-6.9
122	40.2	26.2	-8.4	502	53.0	33.4	-14.8	558	38.5	24.0	-11.6
123	37.6	23.6	-11.1	503	54.7	35.1	-13.0	559	44.0	26.6	-16.1
133	46.4	29.7	-11.4	504	33.3	16.1	-26.6	560	36.5	26.7	2.7
134	44.4	27.7	-13.4	505	32.3	14.3	-30.1	561	38.7	29.0	5.0
164	40.8	24.7	-15.1	506	33.7	15.6	-29.1	562	39.4	29.7	5.7
165	41.1	24.9	-15.0	507	32.1	13.9	-31.0	563	35.4	25.7	1.7
183	44.8	28.7	-11.1	508	32.9	14.7	-30.2	564	39.2	29.5	5.5
184	45.7	29.6	-10.3	509	20.0	20.0	20.0	565	37.6	27.9	3.9
189	48.9	32.2	-9.0	510	50.0	50.0	50.0	566	34.7	25.0	1.0
190	48.2	31.5	-9.6	511	38.0	27.8	2.5	567	48.1	46.6	42.7
192	48.2	32.1	-7.7	514	32.5	17.9	-18.3	594	38.5	34.4	24.3
193	50.3	34.1	-5.8	522	63.2	39.9	-17.6	595	39.3	35.2	25.2
479	47.5	46.4	43.7	523	63.1	39.8	-17.8	596	39.1	34.6	23.7
482	47.6	46.5	43.7	524	59.3	35.2	-24.3	597	37.1	32.4	20.9
483	34.6	30.0	18.9	525	50.3	22.8	-44.7	598	36.9	32.1	20.6
484	30.1	24.9	12.2	526	49.0	20.4	-50.1	599	39.8	35.3	24.4
485	30.3	25.1	12.4	527	48.3	19.7	-50.7	600	37.9	33.3	22.0
486	32.7	27.6	14.9	528	55.0	24.2	-51.6	601	35.4	30.8	19.5
487	32.4	27.1	14.0	529	48.3	17.4	-58.3	602	35.2	30.5	19.0
488	30.5	25.1	12.0	530	55.5	23.2	-56.4	603	30.7	25.5	12.7
489	38.4	28.7	4.7	531	64.1	31.0	-50.3	643	26.6	11.9	-24.3
490	33.4	23.7	-0.4	532	66.6	33.0	-49.7	656	44.9	28.7	-11.2
491	36.2	26.5	2.5	533	57.5	33.4	-26.2	661	31.4	18.6	-13.1

Tabla 11.3

Velocidad obtenida en los tramos de tubería del sector urbano de Sucúa.

Nudo inicial	Nudo final	Velocidad en el escenario			Nudo inicial	Nudo final	Velocidad en el escenario			Nudo inicial	Nudo final	Velocidad en el escenario		
		Optimista	Intermedio	Pesimista			Optimista	Intermedio	Pesimista			Optimista	Intermedio	Pesimista
124	121	0.09	0.11	0.16	382	383	0.27	0.35	0.50	629	630	0.07	0.09	0.14
125	126	0.30	0.39	0.55	373	382	0.36	0.46	0.66	248	631	1.80	2.33	3.35
126	127	0.08	0.11	0.15	324	373	0.22	0.28	0.40	359	612	0.05	0.06	0.09
128	129	0.50	0.65	0.92	332	324	0.40	0.52	0.75	361	363	0.47	0.61	0.88
130	131	0.02	0.02	0.03	341	332	0.41	0.53	0.76	557	632	1.00	1.29	1.85
132	133	0.09	0.12	0.17	384	341	0.46	0.59	0.85	632	392	0.70	0.91	1.30
133	134	0.05	0.06	0.08	385	384	0.58	0.75	1.07	392	339	0.64	0.83	1.19
135	136	0.07	0.09	0.13	364	385	0.42	0.54	0.77	339	328	0.46	0.59	0.85
137	138	0.08	0.11	0.15	376	364	0.14	0.18	0.26	633	634	0.26	0.35	0.49
138	135	0.08	0.11	0.15	360	376	0.26	0.34	0.49	634	316	0.16	0.20	0.29
139	140	0.03	0.04	0.06	363	348	0.29	0.38	0.55	635	227	0.12	0.16	0.22
140	141	0.29	0.38	0.54	386	387	0.09	0.12	0.17	279	636	0.19	0.25	0.36
142	143	0.07	0.09	0.13	384	388	0.24	0.31	0.44	246	631	0.10	0.13	0.19
144	145	0.03	0.04	0.06	620	385	0.22	0.28	0.40	631	454	0.01	0.01	0.01
146	147	0.56	0.72	1.03	393	338	0.58	0.75	1.08	248	637	0.63	0.82	1.17
148	147	0.02	0.02	0.03	390	336	0.03	0.04	0.06	469	248	0.33	0.43	0.62
149	150	0.05	0.06	0.08	348	391	0.15	0.20	0.29	255	245	0.40	0.52	0.74
151	152	0.07	0.09	0.13	391	388	0.16	0.21	0.30	638	140	0.21	0.27	0.39
153	154	0.05	0.06	0.09	392	393	0.36	0.47	0.67	143	639	0.33	0.43	0.61
154	155	0.01	0.01	0.01	385	391	0.16	0.21	0.31	639	145	0.14	0.18	0.25
156	157	0.37	0.48	0.69	621	384	0.19	0.25	0.35	145	640	0.03	0.03	0.05
157	158	0.28	0.36	0.52	356	389	0.03	0.04	0.06	337	641	0.61	0.79	1.14
158	159	0.21	0.27	0.39	260	224	0.03	0.04	0.05	638	141	0.32	0.41	0.58
160	161	0.09	0.11	0.16	297	136	0.09	0.12	0.18	641	638	0.71	0.92	1.31
161	156	0.18	0.23	0.34	357	395	0.25	0.33	0.47	141	642	0.46	0.59	0.84
162	156	0.25	0.32	0.46	396	357	0.12	0.16	0.23	644	593	0.05	0.06	0.08
156	163	0.37	0.47	0.68	367	396	0.13	0.17	0.25	593	148	0.33	0.43	0.62
163	164	0.30	0.38	0.55	267	397	0.26	0.34	0.49	148	642	0.08	0.10	0.14
164	165	0.21	0.27	0.38	395	398	0.11	0.14	0.21	337	645	0.04	0.05	0.07
162	166	0.39	0.51	0.73	398	267	0.25	0.33	0.47	239	321	0.35	0.45	0.65
166	167	0.25	0.32	0.46	395	399	0.01	0.01	0.01	338	239	0.36	0.46	0.66
166	169	0.07	0.09	0.12	398	400	0.01	0.01	0.01	328	320	0.37	0.48	0.69
169	162	0.09	0.11	0.16	401	402	0.02	0.03	0.04	320	633	0.31	0.41	0.58
170	171	0.63	0.81	1.16	247	255	1.29	1.67	2.38	329	406	0.23	0.30	0.43
172	170	0.52	0.67	0.96	333	323	0.27	0.34	0.49	397	329	0.26	0.34	0.49
170	173	0.26	0.34	0.48	346	335	0.37	0.47	0.68	388	342	0.25	0.33	0.47
174	175	0.29	0.38	0.54	404	405	0.07	0.08	0.12	342	330	0.21	0.27	0.39
176	171	0.60	0.78	1.12	406	405	0.69	0.89	1.28	335	326	0.21	0.27	0.38
177	178	0.12	0.16	0.23	405	407	0.20	0.26	0.37	326	418	0.16	0.21	0.30
179	180	0.40	0.52	0.74	408	298	0.34	0.44	0.63	414	646	0.01	0.01	0.01
180	176	0.60	0.78	1.11	281	409	0.11	0.15	0.21	321	414	0.32	0.41	0.59
181	178	0.25	0.32	0.46	319	410	0.21	0.27	0.39	637	337	0.31	0.40	0.58
178	169	0.34	0.44	0.63	410	382	0.16	0.21	0.31	641	246	0.30	0.38	0.54
169	161	0.30	0.39	0.56	374	411	0.29	0.38	0.54	140	143	0.18	0.23	0.33
161	182	0.33	0.42	0.60	374	412	0.23	0.30	0.42	647	641	0.29	0.37	0.53
182	183	0.29	0.37	0.53	411	413	0.16	0.21	0.30	625	312	0.07	0.10	0.14
183	184	0.21	0.27	0.38	410	411	0.42	0.54	0.78	312	648	0.01	0.01	0.01
185	181	0.07	0.09	0.13	414	232	0.11	0.14	0.21	419	625	0.10	0.14	0.19
186	179	0.26	0.34	0.48	407	415	0.14	0.18	0.26	318	421	0.10	0.13	0.19
179	166	0.34	0.43	0.62	416	417	0.04	0.05	0.08	421	626	0.22	0.29	0.41
166	157	0.16	0.20	0.29	418	419	0.13	0.17	0.25	554	553	0.28	0.35	0.51
187	186	0.25	0.33	0.47	418	420	0.35	0.45	0.64	424	238	0.25	0.33	0.47
187	188	0.32	0.41	0.58	421	382	0.12	0.15	0.22	238	647	0.25	0.33	0.47
189	190	0.10	0.13	0.19	422	423	0.27	0.34	0.49	316	629	0.09	0.12	0.18
191	192	0.31	0.40	0.57	422	421	0.19	0.24	0.34	308	297	0.23	0.29	0.42
192	193	0.24	0.31	0.44	419	422	0.30	0.39	0.56	626	309	0.17	0.22	0.31
194	159	0.71	0.92	1.31	233	424	0.01	0.01	0.03	426	429	0.10	0.13	0.19
171	194	0.59	0.76	1.08	264	425	0.03	0.04	0.06	429	262	0.22	0.28	0.41

Nudo inicial	Nudo final	Velocidad en el escenario			Nudo inicial	Nudo final	Velocidad en el escenario			Nudo inicial	Nudo final	Velocidad en el escenario		
		Optimista	Intermedio	Pesimista			Optimista	Intermedio	Pesimista			Optimista	Intermedio	Pesimista
173	171	0.70	0.91	1.30	383	426	0.15	0.19	0.27	262	305	0.32	0.41	0.59
195	173	0.55	0.72	1.02	383	310	0.25	0.33	0.47	438	470	0.28	0.36	0.52
196	197	0.31	0.40	0.57	423	311	0.21	0.27	0.38	305	294	0.67	0.86	1.23
197	198	0.74	0.95	1.36	427	428	0.01	0.01	0.01	431	261	0.41	0.53	0.76
199	200	0.06	0.08	0.11	310	429	0.20	0.26	0.37	261	304	0.27	0.35	0.50
199	201	0.39	0.50	0.72	428	430	0.06	0.07	0.11	302	291	0.84	1.08	1.54
201	202	0.24	0.31	0.44	429	431	0.34	0.44	0.64	629	430	0.03	0.03	0.05
200	203	0.33	0.42	0.61	311	308	0.15	0.20	0.28	430	301	0.08	0.10	0.14
203	204	0.24	0.31	0.45	425	427	0.20	0.26	0.37	301	401	0.09	0.12	0.17
205	206	0.07	0.09	0.13	296	432	0.01	0.01	0.02	300	235	0.06	0.07	0.10
207	208	0.06	0.07	0.10	432	433	0.10	0.13	0.20	630	649	0.07	0.10	0.14
209	210	0.33	0.42	0.60	136	434	0.01	0.01	0.01	649	300	0.06	0.07	0.10
211	212	0.24	0.31	0.44	435	436	0.05	0.06	0.09	236	279	0.14	0.18	0.25
212	213	0.06	0.08	0.11	299	435	0.13	0.16	0.23	636	424	0.25	0.33	0.46
214	215	0.25	0.33	0.47	435	297	0.15	0.19	0.27	124	150	0.51	0.66	0.94
216	217	0.83	1.08	1.54	436	138	0.06	0.07	0.10	150	515	0.14	0.17	0.25
218	219	0.28	0.37	0.53	437	438	0.34	0.44	0.62	260	650	0.01	0.01	0.01
219	220	0.44	0.57	0.81	439	440	0.50	0.65	0.93	289	287	0.13	0.17	0.24
218	217	0.66	0.85	1.22	441	442	0.76	0.99	1.41	287	215	0.36	0.46	0.66
221	222	0.36	0.47	0.67	433	443	0.56	0.72	1.03	215	222	0.07	0.09	0.13
222	223	0.92	1.19	1.70	433	437	0.12	0.16	0.24	295	651	0.05	0.06	0.08
221	218	0.52	0.68	0.97	444	259	0.01	0.01	0.01	651	289	0.15	0.19	0.28
137	214	0.18	0.23	0.32	444	434	0.11	0.14	0.20	294	652	0.33	0.43	0.62
214	221	0.28	0.37	0.52	445	446	1.13	1.45	2.07	652	438	0.34	0.44	0.63
224	137	0.15	0.19	0.27	447	448	2.21	2.86	4.09	652	433	0.50	0.65	0.94
225	226	0.03	0.05	0.06	216	449	0.55	0.71	1.01	653	440	0.49	0.63	0.90
226	227	0.06	0.07	0.10	449	450	0.37	0.47	0.68	653	652	0.44	0.57	0.82
228	229	0.06	0.07	0.11	449	451	0.42	0.54	0.78	293	653	1.45	1.87	2.68
229	226	0.07	0.10	0.14	217	452	0.27	0.35	0.50	653	654	0.57	0.74	1.06
226	230	0.10	0.13	0.18	452	453	0.30	0.39	0.56	235	225	0.12	0.15	0.22
231	232	0.15	0.19	0.28	454	455	1.11	1.40	1.95	225	655	0.02	0.03	0.04
233	231	0.10	0.14	0.20	454	458	0.84	1.13	1.67	227	236	0.14	0.17	0.25
234	233	0.09	0.12	0.17	460	461	0.07	0.07	0.07	195	635	1.54	1.99	2.84
235	229	0.09	0.11	0.17	462	463	0.22	0.28	0.40	172	635	0.36	0.47	0.67
229	236	0.01	0.01	0.01	464	462	0.24	0.32	0.47	196	230	0.44	0.57	0.82
237	231	0.06	0.07	0.10	466	464	0.10	0.15	0.24	288	223	0.82	1.06	1.52
231	238	0.05	0.06	0.08	461	466	0.37	0.49	0.73	268	473	0.05	0.06	0.09
239	240	0.07	0.09	0.13	377	362	0.43	0.56	0.80	475	446	0.01	0.01	0.01
241	242	0.38	0.49	0.71	403	469	0.63	0.81	1.16	448	268	0.05	0.06	0.08
243	244	0.43	0.56	0.80	470	151	0.10	0.14	0.20	268	151	0.05	0.07	0.09
244	242	0.31	0.40	0.57	471	153	0.14	0.18	0.26	153	472	0.10	0.14	0.20
245	244	1.44	1.85	2.64	472	473	0.04	0.04	0.06	654	471	0.34	0.44	0.62
244	637	1.38	1.78	2.53	474	154	0.15	0.19	0.27	471	474	0.22	0.28	0.40
247	243	0.54	0.70	1.00	151	472	0.08	0.11	0.17	438	152	0.35	0.45	0.64
243	248	0.91	1.18	1.69	154	475	0.03	0.04	0.06	152	654	0.25	0.32	0.46
249	250	0.56	0.72	1.04	476	451	0.05	0.06	0.08	474	439	0.41	0.52	0.74
251	252	1.54	2.00	2.87	451	477	0.33	0.42	0.60	448	188	0.01	0.01	0.01
245	253	1.92	2.48	3.54	451	478	0.67	0.86	1.23	188	185	0.24	0.32	0.45
254	255	0.92	1.19	1.71	479	480	0.10	0.13	0.19	185	177	0.26	0.34	0.48
256	256	0.45	0.58	0.82	481	482	0.04	0.05	0.07	177	168	0.32	0.41	0.59
127	258	0.01	0.02	0.02	482	479	0.06	0.08	0.11	168	160	0.31	0.40	0.57
259	260	0.06	0.07	0.10	409	512	0.05	0.07	0.10	160	370	0.31	0.41	0.58
182	163	0.01	0.01	0.01	409	314	0.05	0.06	0.09	370	257	0.28	0.36	0.52
183	164	0.08	0.10	0.14	513	469	0.03	0.04	0.06	257	656	0.24	0.31	0.44
261	262	0.32	0.41	0.59	515	195	0.90	1.16	1.66	286	285	0.09	0.11	0.16
263	261	0.21	0.27	0.39	516	517	0.06	0.08	0.12	657	176	0.39	0.50	0.71
264	265	0.13	0.17	0.24	517	518	0.87	1.13	1.62	194	658	0.03	0.03	0.05
266	267	0.02	0.03	0.04	518	519	0.92	1.19	1.71	176	194	0.31	0.41	0.58

Nudo inicial	Nudo final	Velocidad en el escenario			Nudo inicial	Nudo final	Velocidad en el escenario			Nudo inicial	Nudo final	Velocidad en el escenario		
		Optimista	Intermedio	Pesimista			Optimista	Intermedio	Pesimista			Optimista	Intermedio	Pesimista
187	268	0.01	0.01	0.01	518	442	0.03	0.04	0.06	657	285	0.94	1.22	1.74
186	269	0.43	0.56	0.80	196	517	0.79	1.02	1.46	446	286	1.12	1.44	2.05
270	174	0.01	0.01	0.01	172	230	0.21	0.27	0.38	442	155	0.75	0.97	1.39
271	272	0.02	0.03	0.04	520	275	0.05	0.06	0.09	519	445	1.98	2.55	3.64
230	275	0.28	0.36	0.51	516	445	0.85	1.09	1.56	155	519	0.77	0.99	1.42
275	276	0.60	0.78	1.12	432	521	0.08	0.10	0.15	270	475	0.04	0.06	0.08
269	175	0.76	0.98	1.40	290	288	0.56	0.72	1.03	473	270	0.02	0.03	0.04
277	216	1.33	1.71	2.45	453	450	0.79	1.02	1.46	175	657	0.52	0.67	0.96
278	277	1.09	1.41	2.02	450	477	0.58	0.75	1.06	167	158	0.12	0.16	0.22
228	279	0.03	0.04	0.06	477	213	0.79	1.02	1.45	269	180	0.28	0.37	0.52
279	280	0.86	1.11	1.59	478	542	0.57	0.74	1.06	178	179	0.28	0.36	0.51
280	124	0.68	0.88	1.26	437	447	0.94	1.22	1.74	180	167	0.42	0.54	0.78
234	228	0.07	0.09	0.13	542	543	0.05	0.06	0.09	213	210	0.67	0.86	1.23
281	282	0.06	0.08	0.11	447	542	0.67	0.86	1.23	210	258	0.95	1.22	1.75
283	284	0.03	0.04	0.06	458	460	0.26	0.32	0.43	277	129	0.56	0.72	1.03
285	198	0.86	1.11	1.59	549	466	0.41	0.53	0.75	128	659	0.37	0.48	0.69
198	284	0.14	0.19	0.27	551	462	0.71	0.94	1.36	212	209	0.58	0.75	1.07
174	286	1.00	1.29	1.85	551	480	1.01	1.35	1.98	207	205	0.35	0.46	0.66
187	174	0.65	0.84	1.20	550	551	0.97	1.29	1.89	205	201	0.34	0.44	0.63
287	288	0.52	0.67	0.96	549	550	0.93	1.24	1.81	478	212	0.82	1.05	1.51
289	290	0.28	0.36	0.51	548	549	0.90	1.20	1.76	209	207	0.56	0.73	1.04
224	289	0.21	0.27	0.39	458	548	0.87	1.16	1.70	201	203	0.14	0.19	0.27
291	292	5.38	6.94	9.89	459	455	1.13	1.41	1.97	191	159	0.43	0.55	0.79
293	291	1.86	2.39	3.41	125	378	0.58	0.75	1.07	348	612	0.09	0.12	0.17
294	293	1.56	2.01	2.88	369	403	0.01	0.01	0.01	399	632	0.10	0.13	0.18
295	296	0.06	0.07	0.10	291	439	0.92	1.19	1.69	632	386	0.37	0.48	0.69
297	295	0.11	0.15	0.21	254	253	0.95	1.23	1.76	606	398	0.15	0.19	0.27
298	299	0.49	0.63	0.90	292	441	0.74	0.96	1.38	605	395	0.10	0.13	0.19
300	228	0.08	0.11	0.16	401	292	0.40	0.52	0.74	614	606	0.19	0.24	0.35
301	300	0.16	0.20	0.29	303	292	0.31	0.40	0.57	605	613	0.12	0.16	0.23
302	303	0.01	0.01	0.01	428	303	0.07	0.09	0.13	388	614	0.20	0.26	0.37
304	302	0.56	0.72	1.03	552	428	0.01	0.01	0.02	391	613	0.13	0.17	0.25
305	304	0.36	0.46	0.66	317	552	0.09	0.11	0.16	342	615	0.05	0.06	0.09
306	305	0.05	0.06	0.09	553	317	0.15	0.20	0.28	340	397	0.01	0.01	0.01
307	306	0.06	0.08	0.12	322	554	0.31	0.41	0.58	322	406	0.01	0.01	0.01
308	307	0.01	0.01	0.01	555	322	0.38	0.49	0.70	324	374	0.06	0.08	0.12
272	308	0.19	0.25	0.35	340	555	0.48	0.62	0.88	417	627	0.25	0.33	0.47
309	310	0.14	0.19	0.27	399	400	0.98	1.26	1.80	627	418	0.32	0.42	0.60
311	309	0.10	0.13	0.19	358	399	1.09	1.41	2.02	420	318	0.09	0.12	0.17
312	311	0.22	0.29	0.41	380	556	0.01	0.01	0.01	412	609	0.19	0.25	0.36
313	314	0.35	0.45	0.64	253	358	1.53	1.98	2.83	413	610	0.15	0.19	0.28
314	315	0.31	0.41	0.58	253	396	8.38	10.83	15.46	407	554	0.01	0.01	0.01
315	312	0.25	0.32	0.46	358	557	0.41	0.53	0.77	554	633	0.03	0.04	0.05
316	317	0.04	0.05	0.07	400	392	0.11	0.14	0.20	610	407	0.16	0.21	0.30
318	319	0.06	0.08	0.11	400	340	0.63	0.81	1.16	415	553	0.01	0.01	0.01
320	321	0.04	0.05	0.07	150	558	0.01	0.01	0.01	553	634	0.03	0.04	0.07
322	320	0.04	0.05	0.07	567	479	0.01	0.01	0.01	633	414	0.05	0.06	0.09
323	324	0.15	0.19	0.27	591	298	0.03	0.04	0.06	634	646	0.06	0.08	0.12
325	323	0.13	0.17	0.24	592	408	0.03	0.04	0.06	232	647	0.12	0.15	0.22
326	325	0.40	0.52	0.74	593	146	0.41	0.52	0.75	647	639	0.59	0.76	1.09
277	131	0.36	0.46	0.66	280	146	0.14	0.18	0.25	317	619	0.01	0.01	0.01
323	327	0.37	0.48	0.68	368	366	0.08	0.10	0.14	622	628	0.25	0.33	0.47
328	239	0.11	0.14	0.21	368	359	0.24	0.31	0.44	628	419	0.28	0.36	0.52
330	331	0.01	0.01	0.01	359	605	0.28	0.36	0.51	264	617	0.13	0.17	0.24
332	330	0.14	0.18	0.25	605	606	0.28	0.36	0.51	630	233	0.05	0.07	0.10
333	332	0.11	0.14	0.21	606	266	0.31	0.40	0.57	636	146	0.88	1.14	1.63
334	333	0.11	0.14	0.20	266	607	0.28	0.37	0.53	234	636	0.03	0.04	0.06
335	334	0.43	0.56	0.80	607	372	0.29	0.38	0.54	649	234	0.07	0.09	0.13
336	337	0.37	0.48	0.69	372	608	0.30	0.39	0.55	430	649	0.11	0.14	0.20
338	336	0.45	0.58	0.83	608	609	0.29	0.37	0.54	272	648	0.16	0.20	0.29

Nudo inicial	Nudo final	Velocidad en el escenario			Nudo inicial	Nudo final	Velocidad en el escenario			Nudo inicial	Nudo final	Velocidad en el escenario		
		Optimista	Intermedio	Pesimista			Optimista	Intermedio	Pesimista			Optimista	Intermedio	Pesimista
339	338	0.27	0.35	0.50	609	610	0.09	0.12	0.17	303	301	0.07	0.09	0.13
340	339	0.13	0.17	0.24	610	611	0.08	0.11	0.16	401	235	0.22	0.29	0.41
341	342	0.05	0.07	0.09	611	264	0.04	0.05	0.07	648	299	0.14	0.18	0.26
343	341	0.04	0.05	0.07	366	612	0.16	0.21	0.30	135	436	0.08	0.10	0.14
344	343	0.05	0.06	0.08	612	613	0.18	0.24	0.34	434	135	0.10	0.14	0.19
345	346	0.02	0.02	0.03	613	614	0.18	0.24	0.34	651	444	0.12	0.15	0.22
346	344	0.41	0.54	0.77	614	615	0.21	0.27	0.39	521	651	0.06	0.08	0.11
347	348	0.02	0.03	0.04	615	331	0.20	0.25	0.37	441	440	0.01	0.01	0.01
349	350	0.78	1.01	1.45	404	412	0.21	0.28	0.40	197	516	0.88	1.14	1.62
351	352	0.01	0.01	0.01	412	413	0.09	0.12	0.17	275	197	0.41	0.54	0.77
353	354	0.01	0.01	0.01	413	616	0.06	0.07	0.11	276	170	0.40	0.51	0.73
355	356	0.06	0.08	0.12	616	617	0.05	0.06	0.09	478	129	0.58	0.75	1.07
357	358	0.01	0.01	0.01	617	431	0.07	0.09	0.13	211	129	0.34	0.44	0.62
359	357	0.10	0.13	0.18	607	615	0.05	0.06	0.08	211	209	0.39	0.51	0.73
360	361	0.14	0.18	0.26	607	397	0.01	0.01	0.03	304	293	1.56	2.01	2.87
355	360	0.01	0.01	0.01	404	331	0.18	0.24	0.35	355	371	0.33	0.43	0.62
251	362	0.98	1.26	1.81	431	425	0.70	0.90	1.29	331	372	0.01	0.01	0.02
362	249	1.15	1.49	2.13	618	265	0.07	0.09	0.13	222	219	0.58	0.75	1.07
249	349	1.73	2.24	3.21	265	427	0.02	0.02	0.04	219	452	0.68	0.87	1.25
125	353	0.80	1.03	1.48	427	263	0.19	0.24	0.34	452	449	0.65	0.84	1.21
363	364	0.05	0.07	0.10	263	302	0.26	0.34	0.48	223	220	1.22	1.57	2.24
365	363	0.04	0.06	0.08	415	619	0.13	0.17	0.25	220	453	0.97	1.25	1.79
366	365	0.09	0.11	0.16	619	618	0.12	0.15	0.22	470	448	0.13	0.16	0.23
367	368	0.03	0.04	0.06	355	620	0.20	0.26	0.37	186	181	0.38	0.49	0.70
257	183	0.01	0.02	0.03	620	621	0.31	0.40	0.57	163	191	0.03	0.04	0.06
370	182	0.05	0.06	0.09	621	343	0.37	0.47	0.68	164	192	0.05	0.06	0.08
349	371	0.86	1.11	1.60	343	333	0.31	0.41	0.58	369	354	0.01	0.01	0.01
350	365	2.11	2.72	3.90	323	318	0.26	0.33	0.47	354	352	0.01	0.01	0.01
130	335	0.56	0.72	1.02	344	334	0.51	0.65	0.93	352	367	0.01	0.01	0.01
372	329	0.06	0.08	0.11	334	325	0.38	0.49	0.70	521	443	0.12	0.15	0.22
131	326	0.41	0.52	0.75	325	420	0.36	0.47	0.66	443	290	0.40	0.51	0.73
373	374	0.15	0.19	0.28	420	422	0.32	0.41	0.59	646	237	0.16	0.21	0.30
316	237	0.06	0.07	0.10	394	344	0.64	0.83	1.18	237	630	0.11	0.14	0.20
294	296	0.62	0.80	1.14	417	622	0.01	0.01	0.02	455	375	0.01	0.01	0.01
284	276	0.19	0.24	0.35	622	281	0.20	0.26	0.37	241	557	0.62	0.80	1.15
375	369	0.01	0.01	0.01	273	417	0.18	0.23	0.33	245	241	1.03	1.33	1.91
251	353	0.26	0.33	0.48	623	624	0.03	0.03	0.05	328	555	0.07	0.09	0.13
376	361	0.18	0.24	0.34	624	625	0.24	0.30	0.43	555	329	0.01	0.01	0.01
361	350	0.54	0.70	1.01	625	423	0.26	0.33	0.48	309	307	0.15	0.20	0.29
350	250	1.89	2.45	3.50	423	626	0.14	0.18	0.26	307	295	0.17	0.22	0.32
250	377	1.36	1.76	2.52	626	383	0.14	0.18	0.26	258	208	0.44	0.57	0.82
377	252	1.82	2.36	3.38	327	627	0.05	0.07	0.09	208	206	0.44	0.57	0.81
252	351	0.76	1.00	1.45	624	315	0.10	0.13	0.19	206	202	0.36	0.47	0.67
378	256	0.11	0.16	0.26	627	628	0.03	0.04	0.06	202	204	0.18	0.24	0.34
256	379	0.72	0.94	1.34	628	624	0.06	0.07	0.10	620	389	0.26	0.34	0.48
380	378	0.73	0.96	1.39	262	381	0.19	0.25	0.35	621	394	0.23	0.30	0.43
351	380	0.74	0.98	1.43	426	616	0.33	0.42	0.60	247	556	0.73	0.94	1.35
371	360	0.44	0.57	0.81	616	611	0.23	0.31	0.44	556	403	0.70	0.91	1.31
306	296	0.26	0.33	0.48	611	618	0.13	0.17	0.25	246	637	3.23	4.16	5.91
381	306	0.31	0.40	0.57	618	552	0.01	0.01	0.01	393	386	0.25	0.32	0.46
310	381	0.26	0.33	0.48	552	629	0.05	0.07	0.10	378	369	0.01	0.01	0.01

Tabla 11.4
Velocidad obtenida en los tramos de tubería del sector rural de Sucúa.

Nudo inicial	Nudo final	Velocidad en el escenario			Nudo inicial	Nudo final	Velocidad en el escenario			Nudo inicial	Nudo final	Velocidad en el escenario		
		Optimista	Intermedio	Pesimista			Optimista	Intermedio	Pesimista			Optimista	Intermedio	Pesimista
112	113	0.01	0.01	0.01	501	503	0.11	0.15	0.21	565	566	0.04	0.05	0.07
113	114	0.01	0.01	0.01	504	505	0.79	1.02	1.46	564	565	0.05	0.07	0.09
115	116	0.01	0.01	0.01	505	506	0.21	0.27	0.38	562	564	0.06	0.08	0.12
116	117	0.01	0.01	0.01	505	507	0.60	0.78	1.11	594	595	0.08	0.11	0.15
112	117	0.01	0.01	0.01	507	508	0.04	0.05	0.07	597	598	0.15	0.19	0.28
117	118	0.01	0.01	0.02	507	501	0.45	0.58	0.83	595	596	0.54	0.69	0.99
118	119	0.01	0.01	0.01	274	504	0.95	1.22	1.74	461	595	0.72	0.93	1.33
120	121	0.01	0.01	0.02	509	510	0.17	0.22	0.32	596	599	0.02	0.02	0.03
121	116	0.04	0.05	0.07	510	456	0.19	0.25	0.35	600	601	0.04	0.05	0.07
116	113	0.02	0.02	0.03	497	511	0.09	0.11	0.16	597	602	0.07	0.09	0.13
113	122	0.01	0.01	0.01	514	515	0.15	0.19	0.28	486	603	0.17	0.21	0.31
118	123	0.01	0.01	0.01	522	523	0.60	0.77	1.10	483	596	0.18	0.23	0.33
121	118	0.03	0.04	0.05	523	524	0.58	0.75	1.07	489	493	0.04	0.05	0.07
132	133	0.09	0.12	0.17	527	528	0.35	0.45	0.65	389	394	0.26	0.34	0.48
133	134	0.05	0.06	0.08	529	530	0.38	0.48	0.69	459	567	1.41	1.81	2.58
189	190	0.10	0.13	0.19	529	531	0.37	0.48	0.69	567	495	1.37	1.76	2.51
273	274	0.51	0.65	0.94	531	532	0.23	0.30	0.43	642	643	0.18	0.23	0.33
Tanque 2	456	0.01	0.01	0.01	524	533	0.04	0.05	0.08	132	538	1.21	1.56	2.22
546	456	1.46	1.84	2.58	524	525	1.07	1.39	1.98	133	190	0.07	0.09	0.13
Tanque 3	457	1.20	1.61	2.30	534	535	0.47	0.61	0.88	190	134	0.07	0.09	0.13
457	459	1.47	1.90	2.72	534	522	0.61	0.79	1.12	193	134	0.25	0.32	0.46
464	465	0.58	0.75	1.08	535	536	0.13	0.17	0.24	656	133	0.27	0.36	0.51
462	467	0.16	0.21	0.30	535	537	0.41	0.53	0.76	656	184	0.09	0.12	0.17
362	468	0.02	0.02	0.03	538	539	0.31	0.40	0.57	184	165	0.01	0.01	0.01
465	483	0.37	0.48	0.69	538	540	1.03	1.33	1.90	165	193	0.09	0.12	0.18
483	484	0.39	0.50	0.72	540	541	0.21	0.27	0.39	661	500	0.12	0.15	0.22
485	484	0.01	0.01	0.02	540	541	0.91	1.18	1.68	603	487	0.11	0.14	0.20
484	486	0.07	0.09	0.13	544	545	0.32	0.41	0.59	596	600	0.32	0.42	0.60
487	488	0.01	0.01	0.01	544	534	0.88	1.14	1.62	600	597	0.25	0.33	0.47
490	491	0.03	0.04	0.06	541	544	0.99	1.27	1.82	353	561	0.20	0.25	0.36
489	492	0.05	0.06	0.09	525	526	0.94	1.22	1.73	561	489	0.10	0.13	0.19
493	494	0.01	0.01	0.01	526	529	0.96	1.23	1.76	492	563	0.04	0.05	0.07
495	496	0.02	0.03	0.04	546	547	0.14	0.17	0.24	563	566	0.06	0.07	0.11
495	497	1.29	1.66	2.37	547	379	1.22	1.57	2.24	566	491	0.08	0.10	0.15
498	499	0.07	0.09	0.13	548	461	0.41	0.53	0.75	563	493	0.03	0.05	0.06
498	394	1.07	1.38	1.96	550	464	0.58	0.75	1.08	493	564	0.01	0.01	0.02
500	498	1.12	1.44	2.06	480	510	1.03	1.37	2.00	204	132	0.03	0.03	0.05
497	500	1.20	1.55	2.21	504	559	0.06	0.07	0.10	526	527	0.06	0.08	0.12
130	274	0.53	0.69	0.98	491	560	0.01	0.01	0.02	525	527	0.67	0.86	1.23
501	502	0.17	0.21	0.31	561	562	0.08	0.10	0.15	546	457	1.43	1.81	2.53